



© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

RANCANG BANGUN PROTOTYPE GENERATOR TERMOELEKTRIK MEMANFAATKAN PANAS TERBUANG PADA INKUBATOR

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Prodi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



Oleh :

RIYO SUSANTO
11455101965

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2021



LEMBAR PERSETUJUAN

RANCANG BANGUN PROTOTYPE GENERATOR TERMOELEKTRIK MEMANFAATKAN PANAS TERBUANG PADA INKUBATOR

TUGAS AKHIR

Oleh :

RIYO SUSANTO

11455101965

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir
di Pekanbaru, pada tanggal 9 Agustus 2021

Pembimbing II

Digitally signed by Aulia Ullah,
Tanggal: 13
Agustus 2021
Aulia Ullah, ST., M.Eng
NIP. 198506182015031003

Ketua Prodi Teknik Elektro

Digitally signed by
Zulfatri Aini
Tanggal:
2021.08.13
14:40:18 WIB

Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T
NIP. 197210212006042001

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR PENGESAHAN

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

BANGUN PROTOTYPE GENERATOR TEKNIK MEMANFAATKAN PANAS TERBUANG PADA INKUBATOR

TUGAS AKHIR

Oleh :

RIYO SUSANTO

11455101965

dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji Tugas Akhir salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau di Pekanbaru, Pada tanggal 9 Agustus 2021

Pekanbaru, 9 Agustus 2021

Mengesahkan,

Ketua Prodi Teknik Elektro

Digitally signed
by Zulfatri Aini
Tanggal:
2021.08.13
14:44:50 WIB

Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T
NIP. 197210212006042001

Digitally signed
by Evi
Tanggal:
14.08.2021
14:08:50 WIB

Digitally signed
by Liliana
2021.08.13
11:24:38 WIB

Digitally signed by
Aulia Ullah
Tanggal: 13
Agustus 2021

Digitally signed by
Novi
Gusnita
Tanggal:
2021.08.1
3:13:34:32
WIB

Digitally signed by
Marhama Jelita
Date: 2021.08.13
13:39:42 +07'00'

: Evi Sumardita, S.Kom., M.Kom

: Evi Liliana, S.T., M.Eng

: Aulia Ullah, S.T., M.Eng

: Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc.

: Novi Gusnita, S.T., M.T



LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan didalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 9 Agustus 2021
Yang membuat pernyataan,

RIYO SUSANTO
11455101965

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Milik UIN Suska Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSEMBAHAN



أَلَمْ نَشْرَحْ لَكَ صَدْرَكَ ۖ (١) وَوَضَعْنَا عَنكَ وِزْرَكَ ۖ (٢) الَّذِي أَنْقَضَ ظَهْرَكَ ۖ (٣) وَرَفَعْنَا لَكَ ذِكْرَكَ ۖ (٤) فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۖ (٥) إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ۖ (٦) فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ ۖ (٧) وَإِلَىٰ رَبِّكَ فَارْغَب ۖ (٨)

Bukankah Kami telah melapangkan untukmu dadamu? Dan Kami telah menghilangkan darimu bebarmu? Yang memberatkan punggungmu. Dan Kami tinggikan bagimu sebutanmu. Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.

(Q.S. Al – Insyirah : 1-8)

Ya Allah ... dengan izin dan ridho-Mu atas segala kerendahan dan ketulusan hati, kupersembahkan buah goresan tangan ini sebagai tanda hormat dan bakti ku untuk Ibunda Herni Yusnita, Ayahanda Musrif beserta seluruh, Adik-adikku beserta keluarga yang selalu dan tak pernah letih menyayangiku, tak pernah lupa mendo'akan ku dan tak pernah bosan memberiku support baik materi maupun fikiran.

Tugas Akhir ini khusus kupersembahkan kepada :

1. Ayahanda Musrif dan Ibunda Herni Yusnita terima kasih atas kasih sayang, pengorbanan, ketulusan dan keiklasan serta do'anya yang tak pernah putus.
2. Untuk Abang dan Adik yang telah memberikan dukungannya.
3. Kawan-kawan dekat seperjuangan Siswanto, Joni Padjri, Rasyid Akbar, Septrianto dan rekan-rekan lainnya baik Senior maupun Junior yang tidak bisa dituliskan satu persatu. Terimakasih telah banyak membantu, sukses untuk kita semua...Amin



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

RANCANG BANGUN PROTOTYPE GENERATOR TERMOELEKTRIK MEMANFAATKAN PANAS TERBUANG PADA INKUBATOR

RIYO SUSANTO

11455101965

Tanggal Seminar : 9 Agustus 2021

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. Soebrantas KM 15 No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Permasalahan daging ayam sebagai salah satu bahan konsumsi menempati urutan teratas konsumsi daging di Indonesia. Untuk menjaga ketersediaan pasokan daging ayam maka penggunaan inkubator menjadi salah satu andalan para peternak untuk meningkatkan produktivitasnya. Hal ini jelas berkaitan karena penggunaan inkubator mampu meningkatkan persentase telur menetas hingga 87%. Dalam pemanfaatan inkubator diperlukan pemanas (*heater*) yang berperan untuk menjaga suhu ruang inkubator agar embrio di dalam telur dapat berkembang. Suhu panas yang dihasilkan oleh heater masih dapat difungsikan sebagai sumber pembangkit listrik menggunakan teknologi termoelektrik generator menggunakan *seebeck effect*. Pada penelitian ini dibuat sebuah inkubator dengan pemanas berupa plat yang dialiri arus listrik dan pada plat pemanas akan dipasang TEG tipe SP 1848-27145 SA. Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh data bahwa untuk mencapai suhu set point inkubator diperlukan waktu sekitar 5 menit, bersamaan dengan itu TEG juga sudah mulai bekerja dan menghasilkan listrik rata-rata sebesar 5,1V dengan arus rata-rata 0,99A kemudian dialiri pada converter agar tegangan dinaikkan menjadi 12V untuk digunakan mengisi baterai. Selama 1 jam proses pengisian daya tersimpan pada baterai sebesar 19%. Dengan menggunakan 2 baterai 12V 5A maka sistem dapat bekerja secara berkelanjutan hingga menurunkan biaya tagihan listrik menjadi Rp. 3.638,- dimana sebelumnya total biaya tagihan dalam 1 periode *breeding* adalah sebesar Rp. 72.777,-

Kata Kunci : Produktivitas peternak, *Seebeck effect*, *heater*



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

PROTOTYPE DESIGN OF THERMOELECTRIC GENERATOR UTILIZING WASTE HEAT IN INCUBATOR

RIYO SUSANTO

11455101965

Date of Final Exam : 9 August 2021

Department of Electrical Engineering

Faculty of Science and Technology

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Soebrantas Street No. 155 Pekanbaru

ABSTRACT

The demand for chicken meat as one of the ingredients for consumption ranks at the top of meat consumption in Indonesia. To maintain the availability of chicken meat supply, the use of incubators is one of the mainstays of farmers to increase their productivity. This is clearly related because the use of an incubator can increase the percentage of hatching eggs up to 87%. In the use of the incubator, a heater is needed which plays a role in maintaining the temperature of the incubator room so that the embryo in the egg can develop. The heat generated by the heater can still be used as a source of electricity generation using thermoelectric generator technology using the Seebeck effect. In this study, an incubator was made with a heater in the form of a plate that was electrified and on the heating plate a TEG type SP 1848-27145 SA was installed. Based on the measurement results obtained data that to reach the set point temperature of the incubator it takes about 5 minutes, at the same time the TEG has also started working and produces an average electricity of 5.1V with an average current of 0.99A then it is flowed to the converter so that the voltage increased to 12V to be used to charge the battery. For 1 hour the charging process is stored on the battery by 19%. By using 2 12V 5A batteries, the system can work continuously to reduce the cost of electricity bills to Rp. 3,638,- where previously the total billing cost in 1 breeding period was Rp.72,777,-

Keywords : Farmer productivity, Seebeck effect, heater



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji syukur saya ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan seluruh rahmat dan karunia-Nya sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini sebagai salah satu syarat untuk memenuhi persyaratan akademis dalam rangka gelar sarjana di program studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Sholawat dan salam selalu disampaikan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umatnya dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang seperti saat sekarang ini.

Laporan Tugas Akhir ini dilaksanakan kurang lebih 2 bulan dari Juni 2021 hingga Agustus 2021. Dalam laporan ini penulis membahas tentang **“RANCANG BANGUN PROTOTYPE GENERATOR TERMOELEKTRIK MEMANFAATKAN PANAS TERBUANG PADA INKUBATOR”**.

Dalam penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini penulis mendapat bimbingan, bantuan, dan dukungan yang sangat berarti dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

- 1 Allah SWT yang telah memberi rahmat dan hidayah-Nya.
- 2 Orang tua yang sangat disayangi, atas doa, nasehat, cinta dan kasih sayang, yang telah memberikan motivasi dan semangat dari awal kehidupan hingga saat sekarang ini.
- 3 Ibu Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro periode 2021/2025 UIN SUSKA RIAU yang telah berkenan memberikan kesempatan melalui kebijakan administrasi hingga akhirnya penulis mampu menyelesaikan laporan Tugas Akhir penulis.
- 4 Ibu Ewi Ismaredah, S.Kom, M.Kom. Selaku Ketua Sidang yang senantiasa memberikan motivasi, dorongan dan solusi hingga akhirnya penulis mampu menyelesaikan laporan Tugas Akhir penulis.
- 5 Ibu Dr. Liliana, S.T., M.Eng. selaku Pembimbing I yang telah meluangkan waktu, ilmu dan pikiran sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir penulis.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

6 Bapak Aulia Ullah, ST., M.Eng. selaku Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, ilmu dan pikiran sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir penulis.

7 Ibu Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc. selaku Penguji I yang telah meluangkan waktu, ilmu dan pikiran dalam mengkoreksi hasil penelitian sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir penulis.

8 Ibu Novi Gusnita, S.T., M.T. selaku Penguji II yang telah meluangkan waktu, ilmu dan pikiran dalam mengkoreksi hasil penelitian sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir penulis.

9 Dan yang terakhir untuk sahabat-sahabat terbaik, Siswanto, Joni, Rasyid, Septrianto dan teman-teman yang lainnya yang tidak bisa disebutkan satu per satu, yang telah memberikan dukungan yang sangat berarti selama ini.

Dari penulisan laporan Kerja Praktek ini, penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan yang harus diperbaiki, namun penulis berusaha untuk mencapai hasil seperti yang diinginkan. Penulis juga mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang bersifat membangun. Dan akhirnya penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi kita semua.

Pekanbaru, Agustus 2021

Penulis

UIN SUSKA RIAU



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-4
1.3. Tujuan Penelitian.....	I-4
1.4. Batasan Masalah.....	I-4
1.5. Manfaat Penelitian.....	I-4
1.5.1. Manfaat Ilmiah	I-4
1.5.2. Manfaat Terapan	I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	II-1
2.1. Penelitian Terkait	II-1
2.2. Landasan Teori.....	II-4
2.2.1. Perkembangan Inkubator Telur.....	II-4
2.2.2. Jenis Inkubator Telur Yang Tersedia Saat Ini	II-6
2.3. Generator	II-8
2.3.1. Gaya Gerak Listrik	II-9
2.3.2. Jenis – Jenis Generator.....	II-9
2.4. Termoelektrik	II-10
2.4.1. Efek Termoelektrik	II-10
2.4.2. <i>Sebeck Effect</i>	II-11
2.4.3. <i>Peltier Effect</i>	II-12
2.4.4. <i>Thomson Effect</i>	II-13
2.4.5. Prinsip Kerja Termoelektrik	II-13
2.4.6. Karakteristik Termoelektrik	II-14
2.4.7. Efisiensi dari Bahan Termoelektrik : <i>Figure-of-Merit (ZT)</i>	II-15



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

2.4.8.	Hubungan Perbedaan Temperatur, ZT dan Efisiensi	II-20
2.5.	Energi Panas	II-21
2.5.1.	Perpindahan Panas Secara Konduksi	II-21
2.5.2.	Perpindahan Panas Secara Konveksi.....	II-22
2.5.3.	Perpindahan Panas Secara Radiasi	II-23
2.6.	Regulator Switching	II-23
2.7.	IC (<i>Integrated Circuit</i>) LM2577-Adj	II-24
2.8.	Baterai	II-25
2.9.	Heater (Elemen Pemanas).....	II-26
2.10.	Jenis Jenis <i>Heater</i>	II-27
2.10.1.	<i>Coil</i>	II-27
2.10.2.	<i>Infra Red</i>	II-28
2.10.3.	<i>Silica</i> dan <i>Infra Fara</i>	II-28
2.10.4.	<i>Tubular</i>	II-29
2.10.5.	<i>Quartz</i>	II-29
2.10.6.	<i>Stripe, Band</i> dan <i>Nozzle</i>	II-30

BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... III-1

3.1.	Prosedur Alur Penelitian	III-2
3.2.	Identifikasi Masalah	III-2
3.3.	Tahap Perencanaan.....	III-3
3.4.	Tahap Perancangan Alat.....	III-3
3.4.1.	Analisis Kebutuhan Sistem	III-3
3.4.2.	Alat Dan Komponen.....	III-4
3.4.3.	Desain Inkubator	III-9
3.5.	Tahapan Perakitan	III-9
3.6.	Tahapan Pengujian	III-10
3.7.	Analisa Data	III-11

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....IV-1

4.1.	Analisa Sistem.....	IV-1
4.2.	Pengujian Termoelektrik Generator (TEG).....	IV-2
4.3.	Pengujian Pengisian Baterai.....	IV-8
4.4.	Pengujian Keseluruhan Alat.....	IV-10
4.5.	Analisa Hasil Pengujian	IV-10

BAB V PENUTUP V-1

5.1.	Kesimpulan	V-1
------	------------------	-----



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Saran.....	V-1
DAFTAR PUSTAKA	xvii
VI. DAFTAR RIWAYAT HIDUP	xx



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi tempat inkubator penetasan telur unggas [12]	II-5
Gambar 2. 2 Mesin Tetas Telur Tradisional[15]	II-7
Gambar 2. 3 Mesin Tetas Telur Semi Otomatis[15]	II-7
Gambar 2. 4 Mesin Tetas Telur Otomatis[15].....	II-8
Gambar 2. 5 Termoelektrik[17].....	II-10
Gambar 2. 6 Diagram Untai Seebeck A Dan B Adalah Dua Logam Berbeda [18]	II-11
Gambar 2. 7 Efek Seebeck [20].....	II-12
Gambar 2. 8 Efek Peltier [20].....	II-13
Gambar 2. 9 Bagian Dalam TEC [21]	II-14
Gambar 2. 10 Penampang Termoelektrik [20]	II-14
Gambar 2. 11 Modul TEC 1-12705 [22]	II-15
Gambar 2. 12 ZT Dari Variasi Bahan Termoelektrik [18]	II-16
Gambar 2. 13 Efisiensi Sebagai Fungsi Dari Perbedaan Temperatur [18].....	II-21
Gambar 2. 14 Perpindahan Kalor [24].....	II-21
Gambar 2. 15 Perpindahan Panas Secara Konduksi [25]	II-22
Gambar 2. 16 Perpindahan Panas Secara Konveksi [25]	II-22
Gambar 2. 17 Skema Buck-boost converter[26]	II-23
Gambar 2. 18 Susunan pin IC LM2577-Adj[38].....	II-24
Gambar 2. 19 Rangkaian LM2577-Adj[38]	II-24
Gambar 2. 20 Blok Diagram IC LM2577-Adj[39].....	II-25
Gambar 2. 21 Coil Heater [34]	II-28
Gambar 2. 22 Infra Red Heater [35].....	II-28
Gambar 2. 23 Silica dan Infra Fara Heater[36]	II-29
Gambar 2. 24 Tubular Heater [36]	II-29
Gambar 2. 25 Quartz Heater [36]	II-30
Gambar 2. 26 Stripe Heater [34]	II-30
Gambar 2. 27 Band Heater dan Nozzle Heater	II-31
Gambar 3. 1 Flowchart Metodologi Penelitian	III-1
Gambar 3. 2 Termoelektrik Tipe SP 1848 27145 SA [28].....	III-5
Gambar 3. 3 Heatsink [29]	III-6
Gambar 3. 4 Buck-boost converter dilengkapi IC LM2577-ADJ	III-7

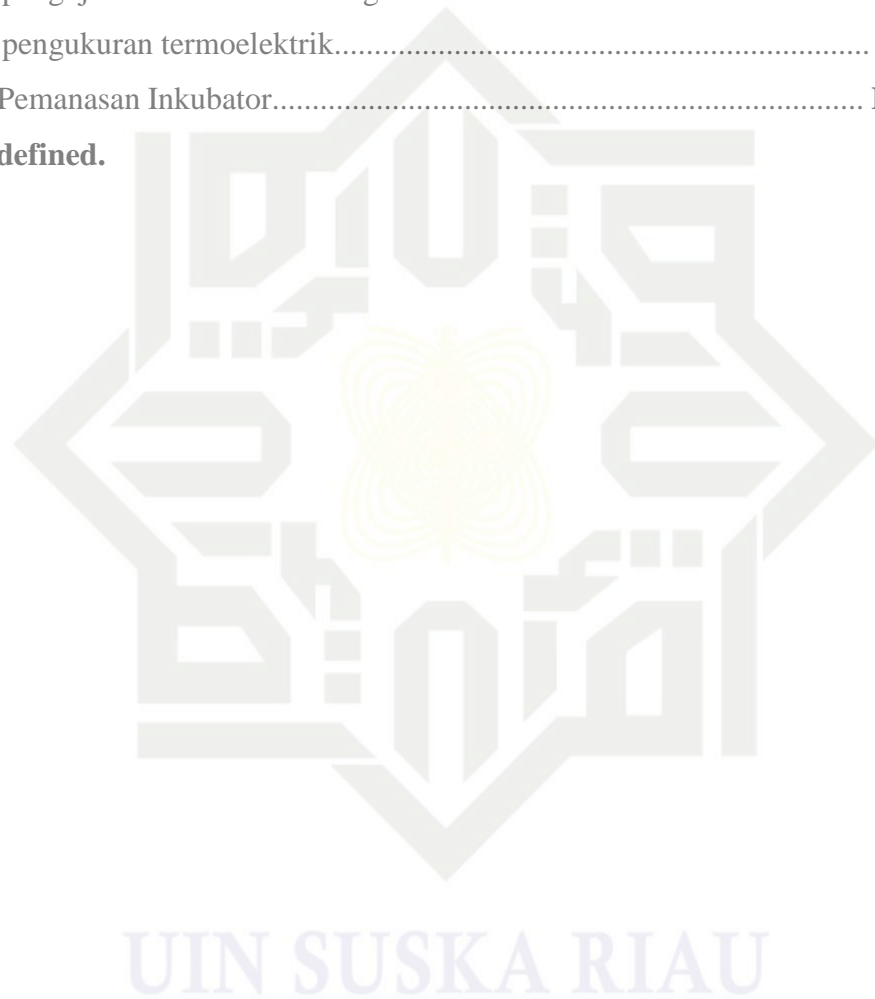


1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:	
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.	
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.	
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.	
Gambar 3. 5 Baterai 3,7 V	III-7
Gambar 3. 6 Tampilan rencana pemasangan TEG pada Elemen Pemanas	III-9
Gambar 3. 7 Rancangan Inkubator	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 8 Alur Pengoperasian Rancangan Inkubator	III-10
Gambar 4.1 Tampilan alat inkubator.....	IV-6
Gambar 4.2 Perubahan Temperatur T_h dan T_c terhadap waktu.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 3 Grafik Perubahan tegangan output TEG terhadap perubahan suhu.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 4 Grafik tegangan baterai (V_{bat}) selama proses pengisian	IV-9
Gambar 4. 5 Grafik Arus baterai (I_{bat}) selama proses pengisian	IV-9
Gambar 4. 6 Grafik tegangan baterai selama waktu pengisian	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 7 Grafik arus baterai selama waktu pengisian ...	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 8 Grafik Gradien Temperatur (ΔT) selama waktu pengisian	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi Modul Termoelektrik	III-4
Tabel 3. 2 Data Sheet SP 1848-27145	III-5
Tabel 3. 3 Hasil Pengukuran Alat.....	III-10
Tabel 4. 1 Hasil pengujian termoelektrik dengan variasi hambatan berbeda.....	IV-4
Tabel 4. 2 Hasil pengukuran termoelektrik.....	IV-5
Tabel 4. 3 Suhu Pemanasan Inkubator.....	Error!

Bookmark not defined.



- Hak Cipta Milik UIN Suska Riau
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. \exists Latar Belakang

Indonesia saat ini merupakan negara yang sangat bergantung dari sektor pertanian. Dalam hal pembangunan nasional sektor pertanian merupakan sektor andalan yang diharapkan menjadi penggerak pembangunan ekonomi nasional secara berkelanjutan. Peran pertanian bagi perekonomian Indonesia bisa dilihat pada kontribusinya terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) tahun 2020 triwulan III Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat bahwa hanya sektor pertanian yang mengalami pertumbuhan positif, yakni tumbuh sebesar 2,15 persen (*year on year*)[1]. Pada tahun 2019 bps juga mencatat bahwa sektor pertanian menempati urutan ke dua sebagai penyumbang produk domestik bruto Indonesia yakni sebesar 13,45%[2]. Berdasarkan data ini dapat dilihat bahwa ketahanan pangan terus mengalami peningkatan. Hal ini juga menjadi indikasi bahwa pelaku usaha sektor pertanian semakin bertambah.

Sektor pertanian terdiri atas beberapa sub sektor. Adapun sub sektor tersebut diantaranya; tanaman pangan, perkebunan, peternakan, kehutanan dan perikanan. Pada tahun 2020 Badan Pusat Statistik merilis pertumbuhan PDB sektor pertanian dimana ada tiga sektor yang mengalami peningkatan dan dua sektor lainnya mengalami kontraksi. Hal ini disebabkan oleh beberapa fenomena sebagai penyebabnya. Terkait peningkatan pada sub sektor tanaman pangan sebesar 10,47% didorong adanya peningkatan luas panen dan produksi padi, jagung, ubi kayu serta cuaca yang mendukung. Peningkatan sub sektor perikanan sebesar 3,53%. Peningkatan pada sub sektor hortikultura tumbuh 7,85% dikarenakan peningkatan permintaan buah dan sayuran yang meningkat selama pandemi covid-19. Sub sektor perkebunan meningkat 1,13% dengan komoditas andalan kelapa sawit. Sedangkan untuk sub sektor peternakan mengalami kontraksi sebesar -0,33% dan kehutanan -0,03% [2]. Data ini mengindikasikan selama tahun 2020 sektor pertanian masih mengalami peningkatan terhadap angka PDB, namun sub sektor peternakan dan kehutanan mengalami penurunan dibandingkan data tahun sebelumnya. Hal ini bisa menjadi indikasi penurunan produksi dari peternak.

Demikian untuk menjaga stabilitas sektor pertanian sebagai mesin penggerak perekonomian Indonesia pada tahun 2021 pemerintah melalui Kemenko Perekonomian



menyusun *Outlook Ekonomi Pertanian 2021*. Dimana outlook ini merupakan hasil kajian Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian yang harapannya dapat dijadikan sebagai acuan bagi seluruh *stakeholder* terkait untuk bersinergi dalam perumusan dan pelaksanaan kebijakan untuk mendorong pertumbuhan sektor pertanian khususnya di tahun 2021[3]. Mengacu pada *Outlook Ekonomi Pertanian 2021*, sektor pertanian diproyeksikan tumbuh sebesar 3,30% hingga 4,27%. Subsektor peternakan juga diproyeksikan mengalami pemulihan pada tahun 2021 dengan pertumbuhan sebesar 3,72% sampai dengan 4,68% setelah pada tahun 2020 mengalami kontraksi[3].

Dari lima sub sektor pada sektor pertanian, peternakan diharapkan bisa segera mengalami pemulihan. Keinginan ini dilatar belakangi karena peternakan dianggap mampu menyerap banyak tenaga kerja serta memiliki nilai ekspor yang cukup tinggi. Selain itu peternakan juga dianggap dapat menarik minat investasi. Pada tahun 2018 investasi Penanaman Modal Asing (PMA) sub sektor peternakan mencapai US\$ 54,3 ribu dan Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN) Rp. 405,1 juta. Peningkatan investasi PMDN di sub sektor peternakan 2018, masih didominasi oleh komoditas unggas, yaitu sebesar 85,1% dan komoditas sapi 14,9%. Sedangkan untuk investasi PMA kontribusi komoditas unggas sebesar 46,9%, komoditas sapi 50,1%, komoditas lain serta jasa peternakan lainnya 3,0% [4].

Berdasarkan data PMA dan PMDN bisa diamati bahwa investasi peternakan terhadap unggas memiliki nilai yang sangat tinggi. Hal ini juga menjadi indikasi yang menandakan bahwa peminatan konsumsi unggas di masyarakat lebih tinggi dibanding sapi. Berdasarkan data yang dihimpun dari lembaga Pusat Data dan Informasi (Pusdatin) diperoleh hasil konsumsi sub sektor peternakan daging sapi, telur dan ayam (kg/kapita/tahun)[5] menyatakan bahwa sejak tahun 2017 hingga 2020 permintaan daging ayam dan telur jauh lebih besar daripada permintaan daging sapi yaitu sekitar 5,80 (ayam,) 17,69 (telur), dan hanya 2,56 (sapi). Data ini tentunya berdampak pada peningkatan permintaan daging ayam dan telur ayam.

Untuk memenuhi ketersediaan ayam di pasaran maka peternak mulai menggunakan teknologi mesin tetas telur atau inkubator telur demi memudahkan proses penetasan terutama dalam jumlah banyak. Hal ini dilakukan untuk mempersingkat waktu produksi telur yang akan berhenti apabila ayam mengerami telurnya sendiri. Inkubator juga dirasa lebih efisien karena mampu menjaga suhu yang stabil dan merata selama proses inkubasi telur ayam pada suhu 38,33°C – 40,55°C[6].

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Saat ini di pasaran telah banyak model inkubator telur dengan varian kapasitas muatan telur. Beberapa peternak juga sudah mulai mengembangkan sendiri model inkubator. Namun secara umum inkubator yang digunakan masih menggunakan listrik dari PLN (Perusahaan Listrik Negara) [12]. Hal ini tentunya menjadi batasan bagi peternak di daerah yang masih terbatas ketersediaan listriknya. Selain itu hal ini pun menjadi biaya tambahan dari penggunaan inkubator. Sehingga diperlukan alternatif sumber energi yang mampu memenuhi kebutuhan inkubator.

Berdasarkan pada penerapannya inkubator akan beroperasi sebagai ruang pemanas untuk menjaga suhu dan kelembaban sesuai dengan set point pada pengaturan suhunya. Untuk menetaskan telur ayam suhu yang digunakan diatur pada temperatur 38°C - 40°C . Suhu panas akan di transferkan merata di dalam inkubator sehingga dapat membantu perkembangan embrio di dalam telur, pada umumnya suhu panas didapatkan dari lampu bohlam yang dinyalakan. Panas terbuang dari nyala lampu dimanfaatkan untuk menjaga suhu inkubator[13]. Merujuk pada keberadaan energi panas sebagai energi terbuang pada inkubator penulis merasa dapat memanfaatkan energi tersebut tanpa mengganggu fungsinya sebagai indikator penetasan untuk dimanfaatkan menjadi sumber energi lainnya menggunakan Termoelektrik Generator (TEG).

Berdasarkan pada latar belakang masalah tersebut penulis ingin merancang sebuah inkubator menggunakan elemen pemanas yang akan digunakan sebagai pembangkit listrik menggunakan teknologi termoelektrik. Termoelektrik yang digunakan adalah jenis TEG (Termoelektrik Generator) tipe SP 1848-27145 SA. Termoelektrik bekerja sebagai pembangkit listrik dengan memanfaatkan besar perbedaan suhu (ΔT). Sehingga bisa menghasilkan listrik yang akan disimpan pada baterai dimana listrik dari baterai akan digunakan untuk memanaskan elemen yang berperan sebagai sumber panas. Melalui penelitian ini akan dibuat prototype inkubator dengan pemanfaatan energi terbarukan berupa *Thermoelectric Generator* yang bekerja dengan memanfaatkan perbedaan suhu untuk menghasilkan tegangan berdasarkan *seebeck effect* dalam rangka mengurangi biaya tagihan listrik PLN. Oleh karena itu penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “**Rancang Bangun Prototype Generator Termoelektrik dengan Memanfaatkan Panas Elemen Pemanas pada Inkubator**”.



1.2. © Hak cipta milik UIN Suska Riau

1.3. Tujuan Penelitian

1.4. Batasan Masalah

1.5. Manfaat Penelitian

1.5.1 Manfaat Ilmiah

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana cara memanfaatkan energi panas terbuang pada inkubator sebagai pembangkit listrik menggunakan modul termoelektrik generator ?
2. Bagaimana membuat rangkaian pengisian baterai dari modul termoelektrik

Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari latar belakang dan juga rumusan masalah yang telah dijelaskan di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Membuat rangkaian alat pembangkit listrik pada inkubator memanfaatkan energi panas terbuang (setting suhu inkubator).
2. Membuat rangkaian alat pengisian baterai dari pembangkit listrik menggunakan TEG
3. Menghitung nilai penghematan dari sistem pembangkit listrik termoelektrik.

Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Data yang diambil dalam penelitian ini adalah berupa data pengaturan suhu inkubator untuk modul kerja TEG
2. Data berfokus pada penghematan listrik yang bisa dihasilkan pada rangkaian alat
3. Alat dianggap berhasil apabila sanggup mengisi daya pada baterai bukan berdasarkan jumlah telur yang mampu di tetaskan
4. Penelitian ini tidak menghitung analisa ekonomi dari alat yang dibuat maupun daya yang dihasilkan. Melainkan berfokus pada besar daya yang mampu dibangkitkan menggunakan TEG dengan memanfaatkan panas terbuang pada inkubator.

Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang bisa diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

Manfaat Ilmiah

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk menambah perbendaharaan literatur perkembangan ilmu pengetahuan dibidang inovasi energi terbarukan melalui pemanfaatan Termoelektrik pada inkubator.

5.2.2 Manfaat Terapan

1. Secara praktis penelitian ini memiliki manfaat sebagai inovasi pengembangan energi terbarukan untuk diterapkan pada mesin inkubator telur
2. Memberikan alternatif bagi peternak di daerah yang masih kesulitan dalam ketersediaan energi listrik untuk mengembangkan mesin tetas telur/inkubator demi menunjang produksi peternakannya
3. Mengurangi biaya yang dikeluarkan untuk tagihan listrik PLN jika menggunakan model inkubator yang ada di pasaran.
4. Ikut serta dalam meningkatkan pemakaian energi terbarukan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terkait

Dalam penelitian tugas akhir ini akan dilakukan studi literatur sebagai pencarian referensi yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang akan diselesaikan. Adapun sumber yang digunakan diantaranya dari buku, artikel dan jurnal yang berkaitan. Penelitian terkait Generator Termoelektrik telah dilakukan oleh beberapa Universitas maupun lembaga penelitian yang ada di Indonesia sendiri ataupun di luar negeri.

Penelitian dengan judul “Pemanfaatan Modul Termoelektrik Sebagai Pemanas Untuk Alat Penetas Telur Sederhana”. Termoelektrik dapat bekerja sebagai pompa kalor, dimana ketika dihubungkan pada *power supply* (dialiri arus) maka akan tercipta perbedaan temperatur diantara kedua lempengnya. Satu sisi akan menjadi lebih dingin sedangkan sisi lainnya menjadi lebih hangat konsep ini dikenal dengan sebutan efek peltier. Panas yang dihasilkan *Heating plate* digunakan sebagai sumber panas pada inkubator. Suhu yang dihasilkan dapat stabil memanfaatkan kerja termostat untuk mengontrol suhu. Kemampuan tetas dari inkubator masih sangat rendah yaitu 22,2% dimana alat ini hanya mampu menetas 2 telur dari total 9 butir telur[7].

Penelitian dengan judul “Pemanfaatan Modul Termoelektrik Generator untuk Mengisi Baterai Ponsel”. Termoelektrik generator dengan prinsip kerja *seebec effect* dimana ketika kedua bagian plate diberi suhu yang berbeda sesuai jenis bagiannya maka akan dihasilkan arus dan tegangan listrik. Kompor gas *portable* menjadi sumber panas untuk memanaskan air pada nesting yang ditujukan sebagai sumber panas dari termoelektrik generator. *Nesting* disini berperan sebagai konduktor panas. *Heatsink* digunakan sebagai pendingin dibantu dengan kipas dc untuk menghasilkan perbedaan suhu yang lebih besar. Penelitian ini menghasilkan tegangan pada kisaran 0,7-1,2 volt DC pada posisi peletakkan alat diatas nesting dan menghasilkan tegangan sebesar 1-2,2 volt DC pada posisi peletakkan alat disamping nesting. Dengan menggunakan dc-dc *step up converter* tegangan dari termoelektrik yang kecil dan tidak stabil akan di konversi menjadi tegangan yang lebih besar dan stabil. Dc-dc *step up converter* berhasil menaikkan tegangan dari TEG 0,7 volt DC menjadi 5 volt DC. Kemudian tegangan dihubungkan pada *USB konektor*, ketika di berikan

Tegangan 5 volt DC akan mendapat tegangan sebesar 2 volt DC untuk diteruskan pada konektor USB *female*, untuk menghubungkan modul dengan ponsel[8].

Penelitian dengan judul “Perancangan Alas Setrika sebagai Pengisi Baterai (*Battery Charger*) dengan Memanfaatkan Energi Panas Terbuang pada saat Jeda Menyetrika”. Setrika merupakan sebuah alat yang mampu mengendalikan suhu dengan menggunakan bimetal. Ketentuan suhu dapat diatur dengan menggunakan set point pada setrika. Dalam aktifitas menyetrika sangat mungkin terjadi jeda ketika melipat pakaian, menggunakan hanger, memasang kancing dan lain sebagainya. Selama waktu jeda biasanya setrika akan diletakkan dalam posisi berdiri ataupun menggunakan tatakan. Pada keadaan ini panas setrika selama jeda hanya akan terbuang. Maka termoelektrik sebagai generator listrik digunakan untuk memanfaatkan panas terbuang tersebut. Termoelektrik akan diletakkan pada alas setrika konvensional. Penelitian menggunakan 4 modul dan menghasilkan tegangan berkisar 3,9 volt DC – 7,9 volt DC. Tegangan diharapkan dapat mengisi baterai kering tipe *lythium polymer* 3,7 volt DC, 380mAh. Keluaran TEG distabilkan pada nilai 4,7 volt DC. Untuk itu digunakan rangkaian DC-DC *Buck-Boost converter* berbasis IC LM-2577-Adj yang bisa menaikkan dan menurunkan tegangan dc dari TEG. selama pengoperasian setrika 1 jam dengan pengoperasian normal dimana setiap jeda menyetrika maka setrika diletakkan pada alas konvensional yang telah terpasang TEG didapatkan hasil bahwa energi yang dapat diambil dan disimpan selama proses tersebut adalah sebesar 1.11Wh atau sekitar 8% dari kapasitas baterai yang digunakan[9].

Penelitian dengan judul “Rancang Bangun Sistem Generator Termoelektrik Sederhana Sebagai Pembangkit Listrik Dengan Menggunakan Metode *Sebeeck Effect*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan suhu antara *hot plate* dengan *cooling plate* dari rancangan bahan *polivinil Clorida* (PVC), Aluminium dan seng terhadap daya yang dihasilkan dari rancangan tersebut dengan variasi peltier yang dirangkai secara seri, paralel dan tunggal. Sedangkan sebagai sumber panas penelitian ini menggunakan cahaya lampu Halogen. Pada penelitian ini peltier (TEC) diletakkan diatas wadah aluminium yang dibawahnya diberi air sebagai insulator demi menjaga suhu dingin pada lempeng dingin peltier. Kemudian pada bagian panas peltier ditutup dengan salah satu bahan rancangan. Rangkaian alat ini akan diletakkan sekitar 30cm dibawah lampu halogen 100watt. Lampu halogen yang digunakan merupakan proyeksi dari cahaya matahari untuk di konversi menjadi energi listrik. Percobaan ini menghasilkan daya terbesar dengan menggunakan bahan Aluminium dengan rangkaian peltier seri menghasilkan V_{maks} sebesar

3,35 volt dan daya listrik sebesar 0,199 watt dengan perbedaan temperatur 12,67°C. Namun karena insulator yang digunakan adalah air maka untuk pengoperasian dalam waktu lama suhu air akan meningkat dan menyebabkan kenaikan suhu pada sisi *cooling plate*[10].

Penelitian dengan judul “Perancangan Dan Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Berbasis Termoelektrik Dengan Menggunakan Kompor Surya Sebagai Media Pemusat Panas”. Prinsip dasar *thermoelectric* generator adalah mengubah energi panas menjadi energi listrik secara langsung dengan memanfaatkan perbedaan suhu yang terjadi di lingkungan menjadi energi listrik. Termoelektrik merupakan alat yang dapat digunakan sebagai pembangkit tegangan listrik dengan memanfaatkan konduktivitas atau daya hantar panas dari sebuah lempeng logam. Pada percobaan ini digunakan Kompor Surya tipe kotak. Dalam penangkapan sinar matahari kompor ini mampu menghasilkan panas maksimum mencapai 58,7 °C. Cara kerja alat ini adalah ketika cahaya matahari masuk masuk pada bagian atas akan diteruskan ke bagian dalam, cahaya akan diterima oleh dinding *solar box cooker* yang dindingnya sudah dilapisi *styrofoam* dan *aluminium foil*, kemudian cahaya akan dipantulkan ke heatsink untuk kemudian diubah menjadi energi panas yang akan diserap oleh TEG yang berada dibawah heatsink. Percobaan yang menggunakan 6 modul TEG yang dipasang secara seri ini berhasil membangkitkan tegangan listrik sebesar 3,56 volt dengan arus sebesar 0,171 A dan daya 0,609 Watt dengan koefisien sebeck minimal sebesar 0,128K dan maksimal 0,181 K. Penelitian ini menggunakan insulator berupa heatsink yang dipasang dibawah alat. Berdasarkan nilai koefisien sebeck yang mampu dicapai efisiensi alat ini masih sangat rendah[11].

Berdasarkan penelitian terkait diatas perbedaan riset penelitian sebelumnya dengan riset penelitian saat ini, penelitian sebelumnya memanfaatkan panas termoelektrik sebagai sumber panas dalam inkubator, namun dari hasil penelitian produktivitas yang dicapai hanya sekitar 22% dengan hanya mampu menetas 2 dari 9 butir telur fertil. Sedangkan penelitian yang diajukan penulis memanfaatkan panas dari elemen pemanas berupa lempeng yang dialiri listrik untuk kemudian ditaruh sebagai lantai pada inkubator. Panas elemen ini akan dimanfaatkan untuk menghasilkan tegangan menggunakan TEG yang outputnya akan disuplai ke baterai untuk kemudian energi dari baterai digunakan untuk memanaskan lantai inkubator. Hal ini tentunya mendukung proses berkesinambungan yang terus bersirkulasi. Pada penelitian sebelumnya yang menggunakan TEG sebagai generator didapatkan efisiensi yang rendah sebab sumber panas yang terlalu tinggi tidak dibarengi dengan kemampuan insulator yang baik. Dalam penelitian kali ini penulis juga akan merangkai alur insulator

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



temi meningkatkan perbedaan suhu diantara kedua plat termoelektrik. dalam penelitian ini penulis akan merangkai beberapa modul TEG untuk menaikkan tegangan yang kemudian akan di stabilkan menggunakan dc-dc *step up converter*. Setelah itu arus keluaran dari converter akan digunakan untuk mengisi ulang daya Baterai.

2.2. Landasan Teori

Penerapan energi terbarukan sudah seharusnya bersinergi dengan aktifitas kehidupan masyarakat. Bagi keseluruhan masyarakat aktifitas pertanian dan peternakan sangat berpengaruh secara langsung terhadap pemenuhan kebutuhan pokok dalam hal pangan. Sektor pertanian bersama sub sektor peternakan telah sejak lama menjadi roda penggerak perekonomian nasional. Masyarakat juga bergantung kepada sektor ini dalam memenuhi kebutuhan energi hariannya. Ketika terjadi penambahan penduduk maka akan menyebabkan rasio permintaan akan kebutuhan pangan juga ikut meningkat, dalam hal ini kebutuhan daging ayam. Maka untuk membantu meningkatkan hasil produksi ayam pedaging digunakan inkubator untuk penetasan telur. Teknologi ini dianggap dapat mempercepat waktu penetasan dan mengurangi resiko gagal menetas. Untuk jenis inkubator yang beredar saat ini secara umum masih menggunakan listrik dari PLN dalam pengoperasiannya, sehingga dibutuhkan biaya tambahan untuk tagihan listrik. Atas dasar untuk mengurangi biaya tagihan listrik maka sumber energi alternatif dapat dijadikan pengalihan dengan memanfaatkan instrument energi alternatif. Seperti termoelektrik yang mampu mengkonversi energi panas menjadi listrik. Tentunya hal ini juga memberi peluang untuk pengadaan inkubator di daerah yang masih terbatas ketersediaan listriknya.

2.2.1 Perkembangan Inkubator Telur

Menurut sejarah, metode inkubasi telur pertama kali dijalankan pada 3000 tahun yang lalu di Foyum, Mesir. Saat itu orang-orang Mesir menggunakan bangunan rumah yang didalamnya terdapat sekat-sekat sebagai inkubator atau alat penetas telur. Sebagai sumber pemanas, para peternak (*breeder*) menggunakan pembakaran jerami. sedangkan untuk menentukan suhu ruangan tersebut mereka hanya mengandalkan naluri semata[12].

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 1 Ilustrasi tempat inkubator penetasan telur unggas di zaman Mesir kuno[12]

Wujud inkubator penetasan telur unggas bangsa Mesir kuno sebenarnya berupa ruangan sederhana yang dihangatkan. Hal tersebut dideskripsikan di dalam buku *'The Travels of Sir John Mandeville'* yang terbit pada tahun 1356. "Dan ada sebuah rumah biasa di kota yang penuh dengan tungku kecil, dan wanita menuju kota membawa telur ayam, angsa atau bebek untuk diletakkan di tungku-tungku itu. Dan mereka menyelimutinya dengan kehangatan dari kotoran kuda, tanpa ayam betina, angsa atau bebek atau induk unggas lainnya. Dan pada pekan ketika atau mencapai sebulan mereka datang lagi dan mengambil anak ayam dan memeliharanya dan membawa mereka keluar, sehingga negara dipenuhi oleh mereka," terang dalam buku tersebut[12].

Pada tahun 1750 Seorang ilmuwan asal Prancis, Rene Antoine Ferchault de Reaumur mendeskripsikan ruang inkubator penetasan telur yang dinilai lebih akurat dibandingkan para pendahulunya. Reaumur menjelajahi Mesir dan mengunjungi beberapa peternakan yang mempunyai alat penetasan telur. Inkubator tersebut berupa bangunan yang terdiri dari batu bata dengan tinggi sembilan kaki yang memiliki koridor panjang di tengah dengan setiap kedua sisinya terdapat ruangan penghangat. Lantainya memiliki ukuran yang sama, dengan pintu masuk adalah sebuah lubang yang dimasuki dengan cara merangkak. Telur diletakkan diatas jerami untuk dihangatkan. Sementara itu, ruangan atas digunakan sebagai perapian



ruangan bawah menjadi lebih hangat. Panas pembakaran bisa mencapai ke bawah karena alas ruangan atas diberi lubang. Pada proses pembakaran digunakan kotoran hewan dari sapi dan unta untuk membuat api menyala secara perlahan dan lebih terkontrol. Pembakaran dilakukan dua kali dalam sehari, tergantung dengan cuaca. Telur dibolak-balikkan agar panasnya merata ke semua bagian. Reaumur saat kembali ke Prancis mencoba mengaplikasikan proses inkubasi itu di negerinya, dan sayangnya tidak berhasil karena iklim Eropa yang lebih dingin dibandingkan di Mesir. Karena hal ini Reaumur mengembangkan inkubator telur menggunakan panas dari fermentasi dan termometer sederhana. Selanjutnya pada pertengahan abad ke-20, sejalan dengan perkembangan bidang elektronika ditemukan termostat dan berbagai perangkat teknologi lainnya, yang diikuti dengan meningkatnya permintaan akan unggas serta produknya, maka menggiring manusia pada peralatan mesin penetas telur modern. Mesin tetas modern diciptakan ilmuwan peternakan Amerika, yang memiliki ruangan dengan suhu terkontrol dan kelembaban sempurna untuk memastikan penetasan berjalan optimal, serta rak raksasa yang diputar dengan sistem komputer setiap satu jam sekali. Model mesin tetas ini mampu menampung puluhan ribu telur ayam dan jauh lebih mudah pengoperasiannya [13].

2.2.2.2 Jenis Inkubator Telur Yang Tersedia Saat Ini

Pada usaha peternakan unggas termasuk juga ayam proses penetasan telur merupakan hal yang sangat penting. Secara alamiah, ayam mempunyai sifat mengerami telurnya sendiri. Hanya saja keberhasilan dalam menetas telur secara alami tidak lebih banyak jika dibandingkan dengan bantuan inkubator. Proses pengeraman juga bisa memakan waktu lebih lama dan proses fertilisasi berikutnya pada induk ayam juga akan terhambat karena dianggap kurang efisien, terlebih dalam usaha peternakan komersial maka penerapan inkubator penetas telur menjadi alternatif yang dipilih [14].

Adapun beberapa jenis Inkubator atau Mesin Tetas yang berkembang dan dijual di pasaran saat ini adalah [15]:

1. Mesin Tetas Tradisional

Sistem kerja mesin ini masih sangat sederhana dengan proses pembalikan telurnya dilakukan secara manual. Mesin terdiri dari ruangan tempat telur dan sumber panas. Mesin ini akan cocok untuk skala produksi anak ayam (*Day Old Chicken*) dalam jumlah kecil atau skala rumah tangga. Mesin ini umumnya memiliki kapasitas sekitar 50-200 butir telur per unit. Sumber panas berasal dari bahan sederhana dengan biaya terjangkau, seperti lampu

hohlam, petromak yang berbahan bakar minyak tanah atau tungku api yang berbahan bakar sekam padi.



Gambar 2. 2 Mesin Tetas Telur Tradisional[15]

2. Mesin Tetas Semi Otomatis

Mesin tetas semi otomatis merupakan pengembangan dari mesin tetas tradisional.

Mesin jenis ini dilengkapi alat pengatur suhu dan kelembapan. Mesin tetas ini juga memiliki tuas pemutar di luar mesin, sehingga pembalikan telur cukup dengan memutar tuas tersebut. Cara ini relatif lebih efektif dan aman dibandingkan mesin tetas manual. Mesin ini umumnya mampu menampung sekitar 200-700 butir telur, bahkan terdapat tipe mesin tetas semi otomatis dengan kapasitas lebih besar lagi mencapai 1.000-1.200 butir telur.



Gambar 2. 3 Mesin Tetas Telur Semi Otomatis[15]

3. Mesin Tetas Otomatis

Mesin tetas ini dianggap memiliki kecanggihan teknologi melebihi dua jenis mesin sebelumnya, di mana terdapat pengatur suhu dan kelembapan yang bekerja secara digital dan serba otomatis. Mesin tetas ini dilengkapi dengan timer untuk setting kala rotasi telur selama di dalam inkubator dan didesain agar telur-telur dapat diputar secara otomatis berdasarkan waktu yang sudah diatur sebelumnya. Kapasitas mesin tetas otomatis di pasaran beragam mulai dari 100 butir untuk skala usaha rumah tangga hingga 1.000-5.000 butir telur per unit.



Gambar 2. 4 Mesin Tetas Telur Otomatis[15]

Untuk perhitungan biaya tagihan listrik digunakan persamaan :

$$\text{Biaya Listrik} = \left[\frac{P \times t}{1000} \right] \times \text{Tarif Dasar Listrik (kWh)} \quad (2.1)$$

2.3. Generator

Generator merupakan alat yang mampu digunakan untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Sumber tenaga mekanik yang digunakan bisa berasal dari panas, uap, air dan lain-lain. Energi yang dihasilkan oleh generator bisa berupa energi listrik AC (listrik bolak-balik) maupun DC (listrik searah). Hal ini tergantung dari konstruksi generator yang digunakan oleh pembangkit listrik. Perinsip kerja generator berhubungan dengan hukum Faraday yang menyatakan bahwa apabila sepotong kawat penghantar listrik berada dalam



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

medan magnet yang berubah-ubah[37], dengan ini maka akan terbentuk gaya gerak listrik dalam kawat tersebut.

2.3.1 Gaya Gerak Listrik

Gaya gerak listrik (GGL) merupakan beda potensial diantara masing-masing ujung penghantar sebelum diberi arus listrik dalam suatu rangkaian terbuka. Besar GGL dari sumber secara kuantitatif dapat diartikan sebagai energi tiap satuan muatan listrik yang melalui sumber. Secara sederhana GGL dapat dikatakan energi penggabungan muatan. Gaya gerak listrik dapat ditulis dengan simbol (ϵ)[37]. Berdasarkan hukum faraday dinyatakan bahwa jika jumlah fluks magnet yang memasuki suatu kumparan mengalami perubahan, maka pada kedua ujung kumparan akan menimbulkan gaya gerak listrik induksi. Laju perubahan fluks magnet menjadi penentu besarnya GGL induksi bersamaan dengan banyaknya jumlah lilitan kumparan. Berikut perhitungan GGL induksi secara matematis dengan rumus[37]:

$$\epsilon = -N \left(\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right) \quad (2.2)$$

Keterangan:

- ϵ = Gaya gerak listrik (V)
- N = Jumlah lilitan kumparan
- $\Delta \Phi$ = Perubahan fluks magnet (Wb / volt-detik)
- Δt = Perubahan waktu (s)

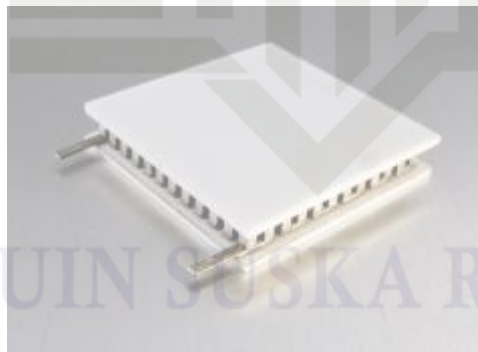
2.3.2 Jenis – Jenis Generator

Berikut beberapa klasifikasi dari generator[37]:

1. Jenis generator berdasarkan letak kutubnya :
 - a) Generator kutub dalam : mempunyai medan magnet yang terletak pada rotor
 - b) Generator kutub luar : mempunyai medan magnet yang terletak pada stator
2. Jenis generator berdasarkan putaran medan :
 - a) Generator sinkron
 - b) Generator asinkron
3. Jenis generator berdasarkan arus yang dibangkitkan :
 - a) Generator arus searah (DC)
 - b) Generator arus bolak balik (AC)
4. Jenis generator berdasarkan fasanya :
 - a) Generator satu fasa

2.4. Termoelektrik

Termoelektrik merupakan sebuah alat yang dapat mengkonversi energi panas (*thermal*) menjadi energi listrik secara langsung. Termoelektrik dibuat dari jenis bahan semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Teknologi ini merupakan kategori teknologi *solid state* di mana tidak terdapat bagian yang bergerak maupun fluida mengalir di dalamnya. Teknologi ini pertama sekali dikembangkan oleh Thomas Johann Seebeck melalui suatu percobaan, di mana percobaan ini melahirkan sebuah asas yang dikenal dengan “*seebeck effect*.” Lalu sekitar 13 tahun kemudian dilakukan percobaan sebaliknya dari konsep *seebeck effect* oleh Jean Charles Peltier yang berhasil mengukuhkan sebuah asas yang disebut “*peltier effect*”. Kemudian perpanjangan dari konsep termoelektrik ini diteliti lebih lanjut oleh William Thomson hingga memunculkan asas yang disebut “*thomson effect*”. Melalui tiga asas ini *thermoelectric* terus dikembangkan sebagai sumber energi terbarukan yang aman dan tanpa emisi [16].



Gambar 2. 5 Termoelektrik[17]

3.4.1 Efek Termoelektrik

Pada tahun 1821 – 1851 ditemukan fenomena yang menghubungkan termal transportasi energi dan arus listrik dalam benda padat. Fenomena ini meliputi konversi energi panas menjadi listrik atau sebaliknya. Ketika gradien suhu diberikan pada benda yang dalam keadaan *state solid* maka akan menghasilkan beda potensial diantara kedua ujung benda. Fenomena ini disebut dengan *Sebeck Effect*. Kemudian peristiwa sebaliknya dimana ketika

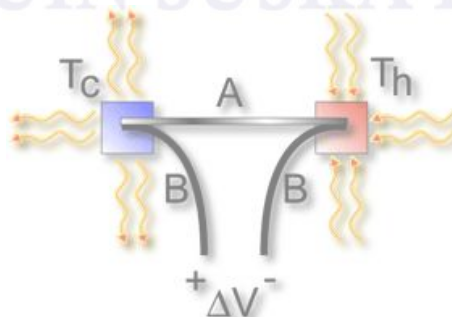
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Enda yang terdiri dari dua jenis logam disatukan dan dialirkan arus maka akan terjadi perbedaan suhu diantara masing masing logam. Fenomena ini disebut *Peltier Effect*. Hubungan fenomena pemanasan atau pendinginan dari konduktor pembawa arus dengan gradien temperatur disebut *Thomson Effect*[18].

2.4.2. Seebeck Effect

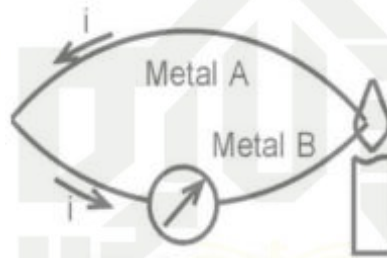
Sebuah penelitian pada tahun 1821 yang dilakukan oleh ilmuwan Jerman bernama Thomas Johann Seebeck berhasil menemukan suatu metode untuk menghasilkan arus listrik dari sebuah logam yang dipanaskan. Dalam penelitiannya Seebeck menggunakan dua buah logam yakni besi dan tembaga yang dihubungkan kedua ujungnya menjadi satu loop. Di antara kedua logam tadi diletakkan sebuah jarum kompas. Kemudian ia memanaskan salah satu sisi logam dan membiarkan sisi sebaliknya tetap pada suhu normal, kemudian jarum kompas bereaksi dengan bergerak. Hal ini terjadi karena adanya proses induksi elektromagnetik yang menyebabkan arus listrik mengalir pada logam membentuk medan magnet. Arus listrik ini membuktikan bahwa ada beda potensial antara kedua ujung logam. Fenomena inilah yang disebut dengan Efek Seebeck[18].

Pada awalnya Seebeck tidak menyadari ada arus listrik yang ikut serta dalam percobaannya, ia menganggap jarum yang bergerak hanya karena adanya medan magnet sehingga ia menamai fenomena itu dengan sebutan efek *thermomagnetik*. Namun seorang fisikawan asal Denmark yaitu Hans Christian Orsted memperbaiki kesalahan tersebut dan menciptakan istilah *thermoelectric*. Tegangan yang dihasilkan oleh efek ini dalam orde $\mu\text{V/K}$. Satu contoh gabungan antara tembaga dan nikel, mempunyai koefisien Seebeck $41 \mu\text{V/K}$ pada temperatur ruang[18].



Gambar 2. 6 Diagram Untai Seebeck A Dan B Adalah Dua Logam Berbeda [18]

Gagasan seebeck ini kemudian menjadi dasar dari pengembangan *Thermoelectric Generator* (TEG). Hasil penelitian seebeck kini telah menjadi salah satu harapan untuk mengembangkan sebuah energi ramah lingkungan tanpa emisi. Sejak tahun 1977 tim ilmuwan dari *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) telah mengembangkan sebuah teknologi untuk pesawat Voyager I dan II menggunakan termoelektrik generator memanfaatkan plutonium-238 sebagai sumber panasnya selama lebih dari 30 tahun melayang di antariksa[19].



Gambar 2. 7 Efek Seebeck [20]

2.4.3. Peltier Effect

Melanjutkan hasil penelitian dari seebeck, pada tahun 1834 seorang ilmuwan bernama Jean Charles Peltier mencoba untuk membalik alur yang telah di konsepskan sebelumnya. Peltier dalam penelitiannya mengalirkan listrik pada dua buah logam yang telah disatukan dalam sebuah rangkaian. Fenomena yang muncul pada saat arus listrik mengalir adalah terjadi penyerapan panas pada sambungan ke dua logam tersebut dan juga pelepasan panas pada sambungan lainnya, fenomena ini bisa disebut dengan pompa kalor yang saat ini di kenal sebagai Efek Peltier[18].

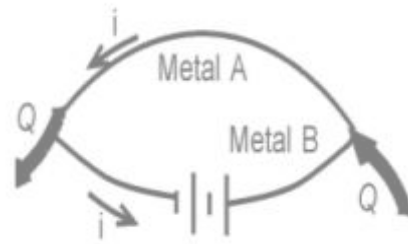
Bersama dengan efek seebeck, efek peltier menjadi gagasan yang mendukung berkembangnya penggunaan termoelektrik. Fenomena yang terjadi pada peltier dimanfaatkan sebagai pendinginan, sehingga dikenal dengan sebutan *Thermoelectric Cooler* (TEC). Aplikasi dari TEC bisa kita temukan pada pendingin CPU komputer.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 8 Efek Peltier [20]

2.4.4 Thomson Effect

Efek Thomson merupakan hasil pengamatan dari William Thomson pada tahun 1851. Ini menjelaskan pemanasan atau pendinginan dari konduktor pembawa arus dengan gradien temperatur. Setiap konduktor pembawa arus kecuali superkonduktor dengan perbedaan temperatur antara dua titik baik menyerap atau melepaskan panas, tergantung pada bahan. Jika kerapatan arus (J) dilewatkan melalui konduktor homogen, produksi panas (q) tiap satuan volume [20] adalah :

$$q = \rho J^2 - \mu J \frac{dT}{dx} \quad (2.3)$$

dimana ρ adalah resistivitas bahan, dT/dx adalah gradien temperatur sepanjang kawat dan μ adalah koefisien Thomson. Istilah pertama adalah Joule *heating*, yang tidak berubah tanda. Istilah kedua adalah pemanasan Thomson yang mengikuti J tanda berubah [19].

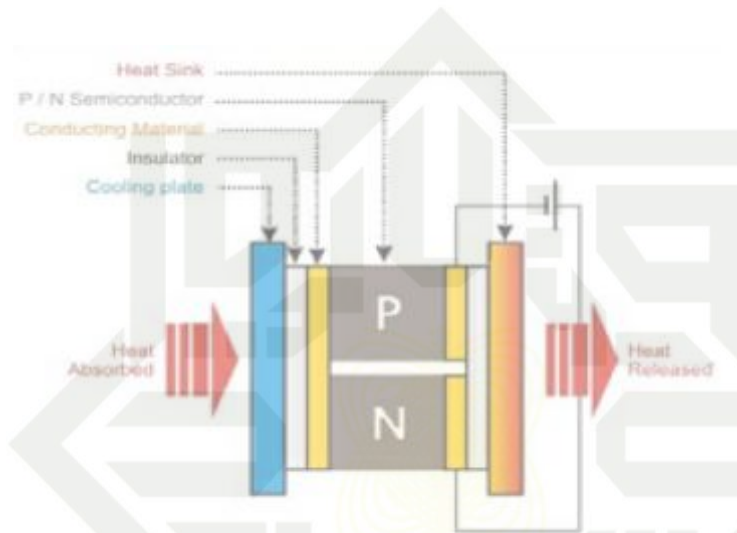
2.4.5 Prinsip Kerja Termoelektrik

Termoelektrik bekerja dengan mengkonversi energi panas menjadi listrik (TEG) ataupun memanfaatkan arus yang mengalir untuk menciptakan perbedaan suhu (TEC). Pada termoelektrik terdapat dua buah plat, satu bagian panas dan yang lainnya bagian dingin. Ditegah kedua plat terpasang *thermocouple* yang merupakan semi konduktor *Bismuth Telluride* dengan 2 tipe yaitu tipe-n dan tipe-p. *Thermocouple* harus menggunakan jenis serta kerapatan elektron yang berbeda agar bisa bekerja. Semi konduktor akan disusun secara paralel pada thermal kemudian ujungnya disatukan dengan pendingin.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 9 Bagian Dalam TEC [21]



Gambar 2. 10 Penampang Termoelektrik [20]

Gambar 2.10 menunjukkan susunan elemen TEG yang terdiri dari elemen tipe-p (material yang kekurangan elektron) dan tipe-n (material yang kelebihan elektron). Pada gambar juga tampak aliran panas dari suatu sisi dibuang pada satu sisi lainnya, aliran ini akan menghasilkan tegangan pada sambungan termoelektrik yang besarnya dipengaruhi pada gradien temperatur di kedua sisi. Besar koefisien Seebeck yang dihasilkan dapat didefinisikan dengan persamaan[20].

$$S = \frac{\Delta V}{\Delta T} \quad (2.4)$$

Dimana : S = Koefisien Seebeck (V/K)

ΔV = beda potensial (V)

ΔT = beda temperatur (K)

2.4.6 Karakteristik Termoelektrik

Saat ini beberapa jenis termoelektrik banyak tersebar di pasaran. Setiap termoelektrik dapat memiliki karakteristik yang berbeda tergantung dari jenis bahan semi konduktor yang

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

digunakan serta perbedaan kerapatan elektron yang dimiliki. Untuk mengetahui spesifikasi dari tiap termoelektrik bisa di cek melalui kode yang tercantum pada salah satu platnya. Sebagai contoh jika pada plat tertulis kode TEC 1-12705 maka ini mengartikan bahwa, TEC adalah kode untuk *Thermal Electric Cooler*, Angka 12 menunjukkan besar voltase tegangan yang dibutuhkan sebesar 12 Volt. Kemudian dua angka terakhir menunjukkan besar Ampere yang dibutuhkan untuk kerja optimal yakni 5 ampere. Adapun karakteristik termoelektrik yang ideal adalah :

- Konduktivitas listrik yang tinggi untuk meminimalkan Joule *heating* (kenaikan temperatur dari hambatan ke arus listrik yang mengalir melaluinya)
- Koefisien Seebeck yang besar untuk perubahan maksimal dari panas ke daya listrik atau daya ke pendingin.
- Konduktivitas panas yang rendah untuk mencegah konduksi panas melalui bahan.



Gambar 2. 11 Modul TEC 1-12705 [22]

2.4.7 Efisiensi dari Bahan Termoelektrik : *Figure-of-Merit* (ZT)

Efisiensi bahan termoelektrik bergantung dari tiga aspek yang perlu ada dalam karakteristiknya yaitu konduktivitas listrik, koefisien seebeck dan konduktivitas panas. Ketiga sifat ini akan digabungkan untuk menjadi satu parameter dalam mengukur keseluruhan kinerja dari perangkat termoelektrik yaitu "*figure-of-merit*" atau ZT. ZT dari termoelektrik dapat di definisikan sebagai[18]:

$$Z = \frac{\alpha^2 \sigma}{\lambda} \quad (2.5)$$

Keterangan:

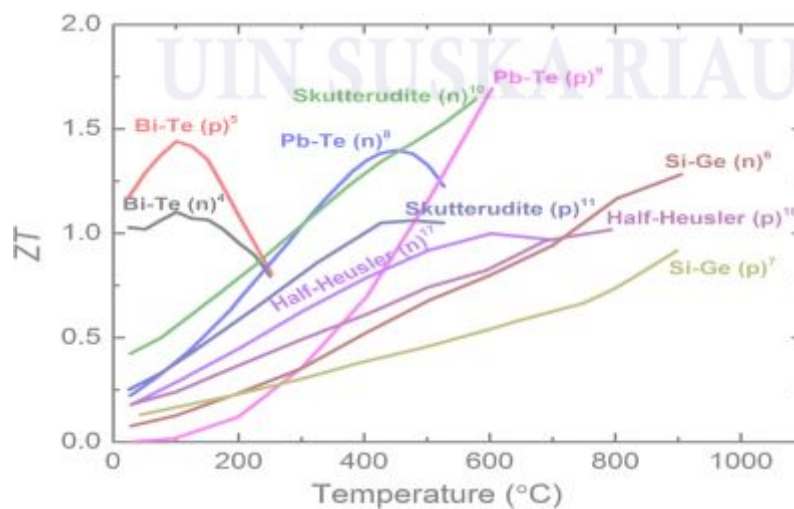
= koefisien seebeck bahan $\left(\frac{V}{K}\right)$

= konduktivitas listrik bahan $\left(\frac{A}{V_m}\right)$

= konduktivitas panas bahan $\left(\frac{W}{mK}\right)$

Karena Z mempunyai satuan per derajat temperatur, lebih berguna dimensi *figure – of – merit* dapat didefinisikan sebagai Z^*T , dimana T adalah rata – rata temperatur kerja. Parameter penting ini menentukan besarnya efisiensi perubahan daya maksimal atau koefisiensi pendinginan maksimal dari kinerja untuk perangkat *thermoelectric*.

Penelitian awal bahan *thermoelectric* pada tahun 1950 – an dan 1960 – an menghasilkan *Bismuth Telluride* (Bi_2Te_3), *Lead Telluride* ($PbTe$) dan paduan *Silicon – Germanium* ($SiGe$) sebagai bahan dengan *figure – of – merit* terbaik dalam tiga rentang temperatur yang agak berbeda. Bi_2Te_3 dan campurannya telah digunakan secara ekstensif dalam aplikasi *thermoelectric cooling* dan beberapa aplikasi pembangkit listrik rendah dan mempunyai rentang temperatur yang berguna dari 180 K sampai 450 K. Bahan $PbTe$ dan $SiGe$ sudah digunakan secara ekstensif dalam aplikasi pembangkit listrik temperatur yang lebih tinggi, khususnya pembangkit listrik pesawat luar angkasa dan mempunyai rentang temperatur yang berguna masing – masing dari 500 K sampai 900 K dan 800 K sampai 1300 K [18].



Gambar 2. 12 ZT Dari Variasi Bahan Termoelektrik [18]

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Untuk mengetahui nilai daya keluaran dan efisiensi pada termoelektrik dapat dihitung berdasarkan jumlah termoelektrik yang digunakan, seperti 1 termoelektrik dan beberapa termoelektrik lainnya.

1. Termoelektrik Tunggal

Pada termoelektrik tunggal keadaan tanpa beban (R_L) Tegangan *open circuit* sebagai berikut[17]:

$$P = V \times I \quad (2.6)$$

Keterangan :

P = daya (W)

V = tegangan (V)

I = arus (A)

$$V = S \times \Delta T \quad (2.7)$$

Keterangan :

V = tegangan keluaran dari termoelektrik (V)

S = koefisien seebeck rata-rata (V/K)

ΔT = perbedaan suhu sisi panas dan sisi dingin (K)

Ketika beban dihubungkan, tegangan keluaran akan mengalami penurunan karena adanya tahanan dalam generator. Untuk arus yang melalui beban dapat dihitung dengan persamaan[18]:

$$I = \frac{S \times \Delta T}{R_C + R_L} \quad (2.8)$$

Keterangan :

I = arus keluaran generator (A)

R_C = tahanan dalam rata-rata termoelektrik (ohm)

R_L = Tahanan Beban (ohm)

Untuk menghitung inputan daya panas yang diubah menjadi listrik dapat dihitung dengan persamaan [18]:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$Q = A \times q \quad (2.9)$$

Keterangan :

Q = masukkan energi panas (watt)

A = luas permukaan termoelektrik (cm^2)

q = kerapatan aliran panas (Wcm^2)

Untuk mengetahui nilai Efisiensi generator (η_G) dapat dihitung menggunakan persamaan[19]:

$$\eta = \frac{P}{Q} \times 100\% \quad (2.10)$$

Persamaan-persamaan diatas ini berlaku pada sepasang semikonduktor dalam modul termoelektrik, namun karena sebuah modul termoelektrik terdiri dari sejumlah pasangan semikonduktor maka persamaan tersebut harus disesuaikan dengan keadaan pastinya sebagai berikut [18]:

$$V_o = S_M \times \Delta T = I \times (R_M + R_L) \quad (2.11)$$

Keterangan :

V_o = tegangan keluaran generator (V)

S_M = koefisien Seebeck rata-rata modul termoelektrik (V/K)

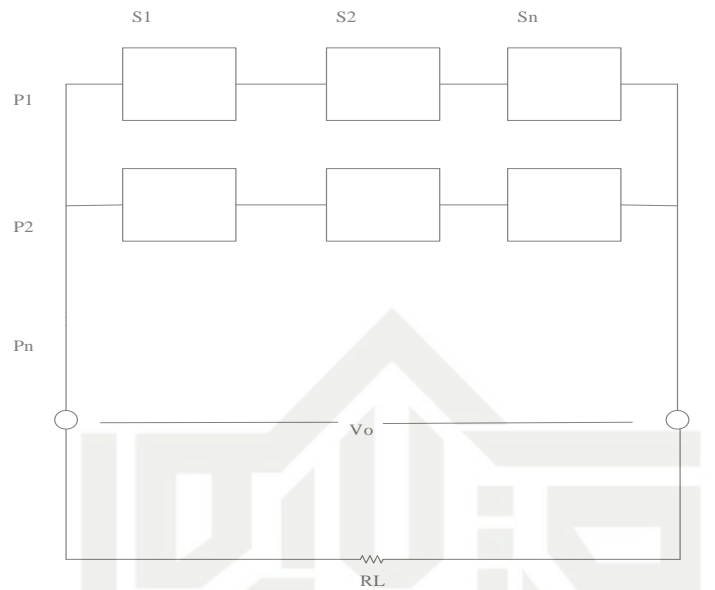
R_M = tahanan rata-rata modul termoelektrik (ohm)

Untuk daya keluaran modul termoelektrik (P_o) dihitung dengan persamaan [18]:

$$P_o = R_L \times \left[\frac{S_M \times \Delta T}{R_M + R_L} \right]^2 \quad (2.12)$$

2. Rangkaian Termoelektrik

Pada penggunaannya generator termoelektrik terdiri dari beberapa modul yang dihubungkan secara seri maupun paralel. Satu rangkaian seri terdiri dari beberapa modul termoelektrik (NS) dan satu rangkaian paralel terdiri dari beberapa modul termoelektrik (NP), seperti terlihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Modul termoelektrik dirangkai seri dan paralel[29]

Untuk mengetahui total modul (NT) dapat dihitung dengan persamaan:

$$NT = Ns \times Np \quad (2.13)$$

Arus yang melewati tahanan beban R_L dapat dihitung dengan persamaan [18] :

$$I = \frac{Ns \times S_M \times \Delta T}{\frac{Ns \times R_M}{Np} + R_L} \quad (2.14)$$

Tegangan keluaran (V_o) generator dapat dihitung dengan persamaan [18] :

$$V_o = R_L \times \left[\frac{Ns \times S_M \times \Delta T}{\frac{Ns \times R_M}{Np} + R_L} \right] \quad (2.15)$$

Daya keluaran (P_o) generator dapat dihitung dengan persamaan [18] :

$$P_o = V_o \times I = \frac{NT \times (S_M \times \Delta T)^2}{4 \times R_M} \quad (2.16)$$

Total energi panas (Q_H) yang masuk ke generator dalam watt dapat dihitung dengan persamaan [18] :

$$Q_H = NT \times \left[\frac{S_M \times T_H \times I}{Np} - 0,5 \times \left[\frac{1}{Np} \right]^2 \times R_M + K_M \times \Delta T \right] \quad (2.17)$$



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Efisiensi generator (η_G) dapat dihitung dengan persamaan [19] :

$$\eta_G = \frac{P_o}{Q_H} \times 100\% \quad (2.18)$$

2.4.8. Hubungan Perbedaan Temperatur, ZT dan Efisiensi

Perlu diketahui bahwa perangkat termoelektrik sangat bergantung pada keadaan temperatur. Tidak hanya temperatur kerja melainkan juga temperatur mutlak. Termoelektrik dapat bekerja untuk menghasilkan energi listrik arus searah (DC) ketika terjadi perbedaan temperatur. Saat ini bahan *thermoelectric* yang tersedia mempunyai $ZT < 1$ dan efisiensi perangkat dalam menghasilkan energi listrik jarang melebihi 5 %. Kinerja ini membatasi *thermoelectric* generator.

Efisiensi maksimal dari perangkat *thermoelectric* dalam pembangkit listrik ditentukan oleh hubungan[18] berikut :

$$\eta_{max} = \left[\frac{T_h - T_c}{T_h} \right] \left[\frac{\sqrt{1 + Z^* \bar{T}} - 1}{\sqrt{1 + Z^* \bar{T}} + 1} \right] \quad (2.19)$$

Keterangan:

η_{max} = efisiensi maximal

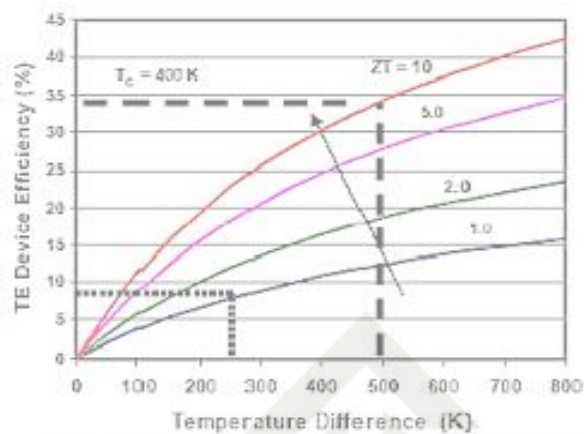
T_h = temperatur sisi panas

T_c = temperatur sisi dingin

Z^* = nilai optimal Z dari pasangan tipe – p atau tipe – n di perangkat *thermoelectric*

\bar{T} = rata – rata T_h dan T_c

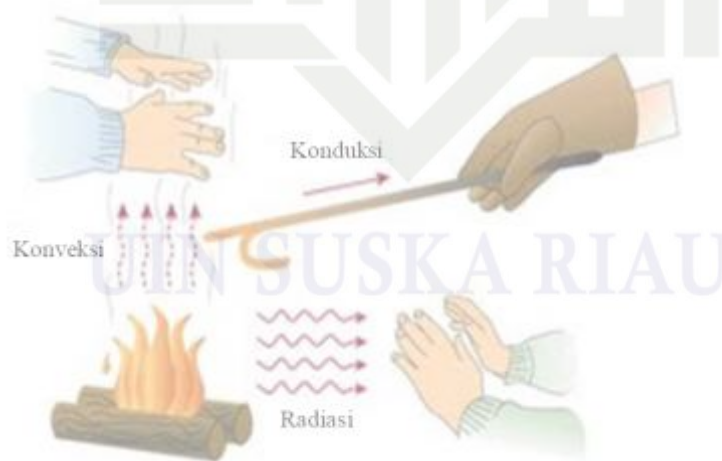
Hubungan ini ditunjukkan pada Gambar 2.12 untuk memberikan gambaran tentang besarnya efisiensi dalam hubungan dengan variasi ZT dan perbedaan temperatur. Bagian pertama dari Persamaan 2.3 menunjukkan bahwa efisiensi maksimal *thermoelectric* dihubungkan dengan T_h dan T_c , sama seperti efisiensi *carnot* [23].



Gambar 2. 14 Efisiensi Sebagai Fungsi Dari Perbedaan Temperatur [18]

2.5. Energi Panas

Energi panas atau kalor adalah energi yang bergerak dari daerah bersuhu tinggi menuju tempat yang bersuhu lebih rendah. Setiap benda memiliki kapasitas kalor yang berbeda tergantung dari jenis molekul penyusunnya. Sebagai sumber energi panas terbesar yang tersedia saat ini adalah Matahari. Namun energi panas juga bisa diperoleh dari aktivitas manusia, seperti pada gas buang kendaraan bermotor atau penggunaan kompor. Dalam perambatannya energi panas bisa melalui tiga metode yaitu secara konduksi, konveksi dan radiasi.

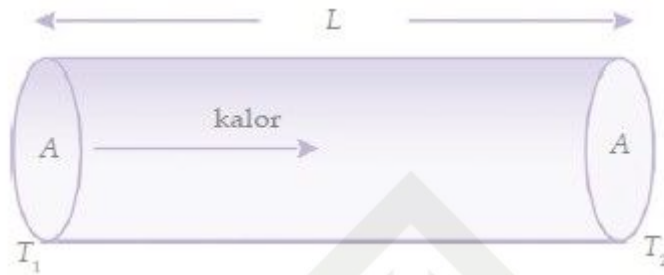


Gambar 2. 15 Perpindahan Kalor [24]

2.5.1 Perpindahan Panas Secara Konduksi

Kalor dapat berpindah tanpa disertai zat perantaranya. Pada cara ini hanya energi panas yang mengalir tanpa diikuti oleh aliran zat perantaranya. Sebagai contoh pada Gambar 2.14 sebatang besi yang salah satu ujungnya di panaskan akan menyebabkan kenaikan suhu

atau pemanasan pada sisi sebaliknya. Dalam hal ini hanya energi panas yang mengalir terhadap zat perantara.

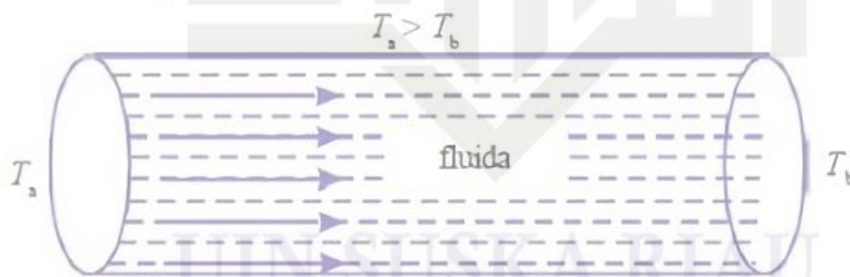


Gambar 2. 16 Perpindahan Panas Secara Konduksi [25]

Gambar 2.15 menunjukkan arah rambatan kalor pada sebuah logam yang salah satu ujungnya dipanaskan.

2.5.2. Perpindahan Panas Secara Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi terjadi ketika panas yang berpindah di ikuti oleh aliran molekul zat perantaranya. Perpindahan panas dengan cara ini memerlukan media alir seperti air, gas atau udara. Pada gambar 2.14 udara menjadi media perantara yang ikut berpindah pada proses konveksi.



Gambar 2. 17 Perpindahan Panas Secara Konveksi [25]

Gambar 2.16 Menunjukkan arah rambatan kalor dari fluida (gas) yang bergerak dari ujung gerbang T_a menuju T_b . Keadaan ini adalah bentuk perpindahan kalor disertai dengan perpindahan molekul zat perantaranya. Udara yang dipanaskan pada sisi T_a akan bergerak ke arah T_b hingga ikut memanaskan sisi T_b . Besar kalor yang merambat tiap satuan waktu dapat dinyatakan dalam persamaan[25]:

$$H = h_c \cdot A \cdot \Delta T \quad (2.20)$$

Keterangan:

= kalor yang merambat per satuan waktu (J/s atau Watt)

= koefisien konveksi termal (J/m s K atau W/m K)

= luas penampang batang (m^2)

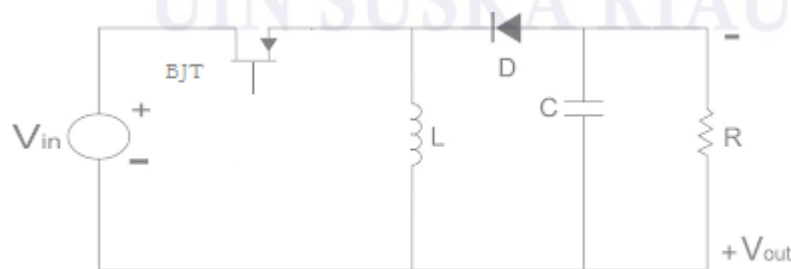
= perubahan suhu (K)

2.5.3. Perpindahan Panas Secara Radiasi

Radiasi adalah perpindahan panas secara merambat. Sebagai contoh sinar matahari merupakan energi dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Cara merambat energi matahari tersebut disebut radiasi karena tidak memerlukan media perantara dalam perambatannya. Semua benda mampu memancarkan energi radiasi, namun ketika mencapai kesetimbangan termal yakni ketika suhu benda sama dengan suhu lingkungan maka benda akan berhenti memancarkan radiasi. Dari hasil percobaan yang dilakukan oleh Josef Stefan dan Ludwig Boltzmann, diperoleh besarnya energi per satuan luas per satuan waktu yang dipancarkan oleh benda yang bersuhu T [25].

2.6. Regulator Switching

Merupakan rangkaian yang bertugas untuk menghasilkan keluaran yang stabil, yaitu mengubah V_{in} menjadi V_{out} yang diinginkan. Transistor daya akan bekerja sebagai saklar saat on maupun off. Energi yang dihasilkan akan disimpan dalam induktor (L) dan kapasitor (C). Regulator yang digunakan adalah tipe *buck-boost converter*. Berikut skema buck-boost converter



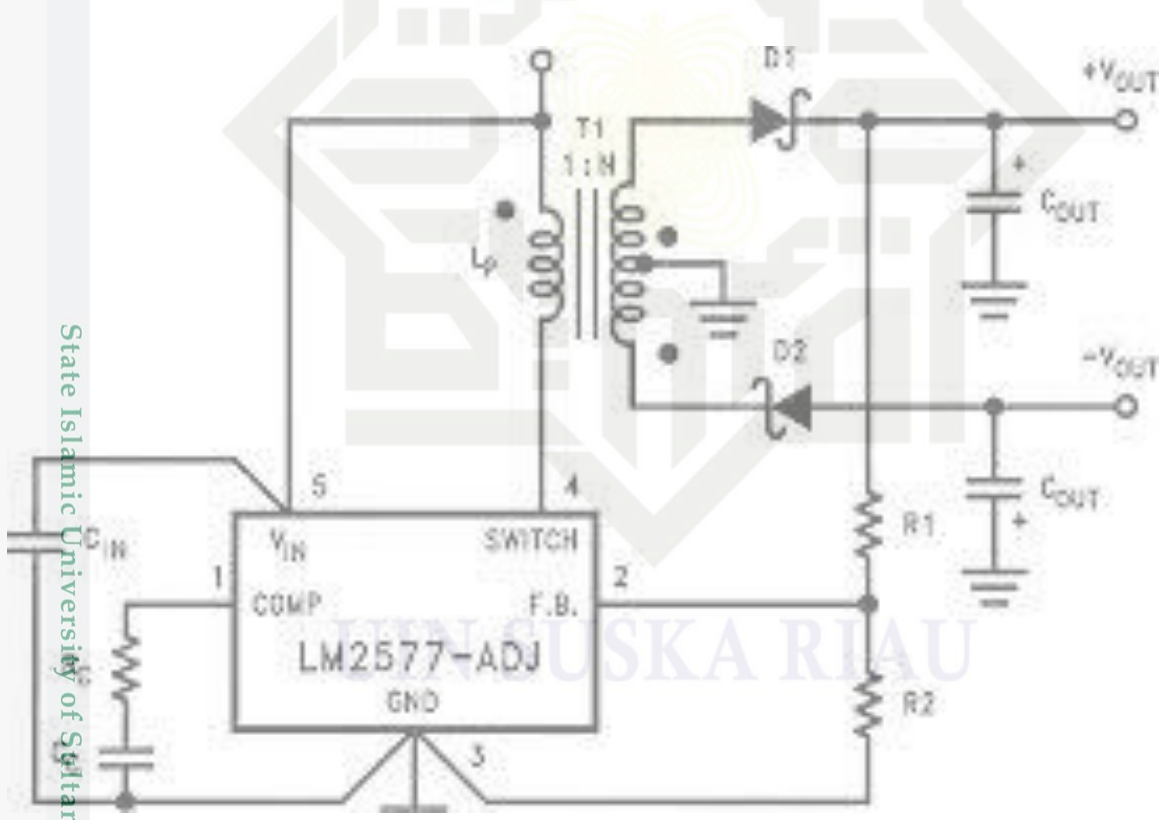
Gambar 2. 18 Skema Buck-boost converter[26]

2.7. IC (Integrated Circuit) LM2577-Adj

IC LM2577-Adj adalah salah satu IC penaik tegangan. Dalam penerapannya IC ini membutuhkan sedikit rangkaian luar. Berikut susunan pin, rangkaian dan diagram blok IC ini:



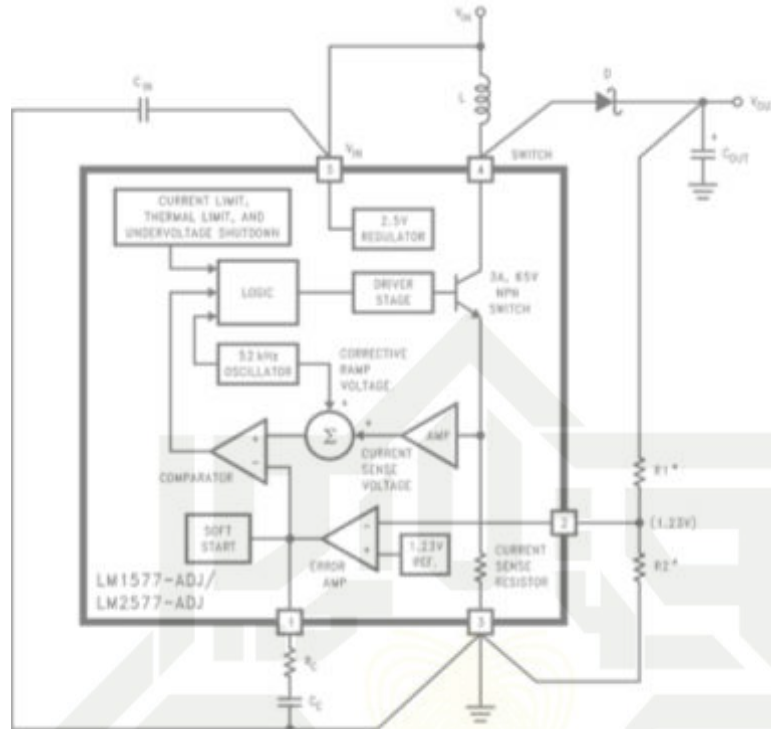
Gambar 2. 19 Susunan pin IC LM2577-Adj[38]



Gambar 2. 20 Rangkaian LM2577-Adj[38]

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dianggap mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dianggap mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 13 Blok Diagram IC LM2577-Adj[39]

IC LM2577-Adj bekerja dengan mengubah keluaran saklar *on* dan *off* pada frekuensi 52kHz kemudian akan menghasilkan energi pada induktor(L). Ketika saklar transistor NPN *on*, arus induktor akan mengisi dengan nilai V_{in}/L , kemudian arus akan disimpan dalam induktor (L). Namun pada saat saklar transistor *off*, induktor akan melakukan pengosongan arus melalui dioda (D) menuju kapasitor keluaran (C_{out}) dengan nilai sebesar $(V_{out} - V_{in})/L$. Sehingga energi yang disimpan dalam induktor selama saklar *on* akan dipindahkan ke *output* ketika saklar *off*. V_{out} ditentukan oleh jumlah energi yang mampu dipindahkan yang juga dapat ditentukan dengan cara memodulasi arus induktor puncak dengan memberikan umpan balik sebagian V_{out} pada *error amp*, yang memberi penguatan pada selisih $V_{feedback}$ dan V_{ref} sebesar 1,230V. Komparator akan menghentikan switch ketika dua tegangan sama besar, dengan demikian menentukan $I_{SW(PK)}$ sehingga akan menghasilkan V_{out} yang konstan[39].

2.8. Baterai

Baterai merupakan sel elektrokimia yang tersusun dari elektroda dan elektrolit. Elektroda merupakan konduktor yang dilalui arus listrik dengan bagian berupa katoda sebagai terminal negatif dan anoda sebagai terminal positif. Sedangkan elektrolit merupakan zat yang terurai menjadi ion-ion. Baterai menjadi sumber energi listrik dari hasil konversi



energi kimia melalui reaksi redoks (reduksi dan oksidasi). Reaksi redoks berlangsung pada masing-masing bagian elektroda. Pada katoda terjadi reaksi reduksi dan pada anoda terjadi reaksi oksidasi. Selama terjadinya proses redoks, bagian dalam dari baterai mengalami proses difusi ion dalam larutan katoda menuju anoda. Kemudian pada bagian luar terjadi perpindahan elektron dari anoda menuju katoda. Adapun persamaan untuk mengetahui besar energi yang tersimpan pada baterai adalah sebagai berikut [27] :

$$E = V \times I \times t \quad (2.21)$$

Keterangan :

E = energi pada baterai (Wh)
V = tegangan (v)
I = arus (A)
t = waktu (jam)

Sistem pada baterai dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu[27] :

1. Sistem Baterai Primer merupakan baterai yang hanya bisa dipakai dalam sekali masa pemakaian. baterai jenis ini tidak dapat diisi ulang karena material elektrodanya tidak dapat berkebalikan arah
2. Sistem Baterai Sekunder merupakan jenis baterai yang bisa melakukan proses isi ulang sehingga dapat digunakan secara berkelanjutan. Baterai jenis ini memiliki bahan elektroda yang bersifat *recyclable*, yaitu dapat terbentuk ulang jika diberi tegangan listrik dari luar melalui reaksi kimia reversibel. Cara mengembalikan reaksi kimia pada sel baterai sekunder adalah dengan membalik polaritas tegangan sehingga reaksi berlangsung ke arah yang berlawanan dari reaksi semula. Jenis baterai ini terbagi menjadi *Lead Acid Battery* (Accu), Lithium Ion (Li-Ion), Lithium Polymer (Li-Po)

2.9. Heater (Elemen Pemanas)

Merupakan salah satu jenis *Heat Exchanger* dengan fungsi untuk memanaskan. Alat ini merupakan suatu objek berpijar yang pada salah satu bagiannya menerima temperatur yang lebih tinggi. Secara umum *heater* biasanya digunakan sebagai pemanas dalam proses kehidupan sehari-hari, seperti pada kegiatan memanaskan setrika, rice cooker, ataupun pemanas ruangan.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Dalam elektronika, pada *vacuum tube* terdapat bagian serupa filamen yang bekerja memanaskan katoda untuk kemudian membantu emisi *thermionik* dari elektron. Katoda perlu mencapai temperatur yang diinginkan agar tube bekerja semestinya. Pada *heater, coil* atau filamen merupakan katoda yang berperan untuk memanaskan *vacuum tube* sebelum transistor dihubungkan. *Vacuum tube* memiliki peranan untuk menghidupkan elemen-elemen peralatan elektronik.

Tipe umum pada *vacuum tube* bekerja sebagai dioda, dengan hanya mengalir ke satu arah saja. Selain memiliki katoda *heater* yang berperan untuk menaikkan temperatur, juga terdapat elemen lain berupa plate atau anoda. Jika anoda bermuatan positif terhubung dengan katoda, maka elektron akan menariknya dan arus akan mengalir[31]. Hal ini menunjukkan bahwa tidak mungkin anoda sebagai arus mengalir bekerja berlawanan arah. Ini artinya anoda tidak dipanaskan sehingga mencegah emisi *thermionik*.

Elemen pemanas (*heater*) sendiri berupa alat yang bekerja melalui proses *Joule Heating*. Elemen pemanas mampu meningkatkan temperaturnya apabila arus yang mengalir pada elemen menjumpai resistansinya. Adapun persyaratan untuk sebuah material dijadikan elemen pemanas adalah sebagai berikut[30]:

1. Mampu bertahan lama pada setting suhu yang ditentukan.
2. Memiliki ketahanan mekanis pada suhu yang ditentukan.
3. Memiliki koefisien muai yang kecil, agar tidak mengalami perubahan bentuk yang signifikan ketika berada pada suhu tertentu.
4. Memiliki tahanan jenis yang tinggi.
5. Memiliki koefisien suhu yang kecil, sehingga arus kerjanya mampu konstan.

2.10. Jenis Jenis Heater

Semakin berkembangnya teknologi maka semakin banyak pula variasi jenis dan bentuk *heater* yang dikembangkan. Hal ini tentunya disesuaikan dengan tujuan penggunaan *heater* itu sendiri. Sebagai contoh *heater* yang digunakan pada kompor listrik adalah jenis *heater* yang berbeda yang diterapkan pada *water heater*. Berikut beberapa jenis *heater* berdasarkan jenis dan bentuknya :

2.10.1. Coil

Coil Heater memiliki bentuk berupa kawat lilit yang melingkar seperti pegas. coil ini tidak tertutup isolator, dan biasa digunakan untuk memanaskan udara. *Heater* ini

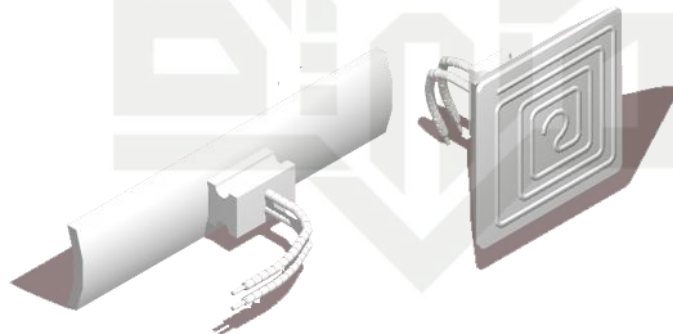
biasanya dipasang menggunakan pegangan berupa keramik, mika atau asbes selaku isolatornya. *Heater* ini biasa diaplikasikan pada kompor listrik atau oven listrik.



Gambar 2. 14 Coil Heater [34]

2.10.2. *Infra Red*

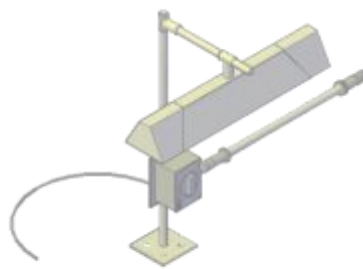
Heater ini di manfaatkan sebagai panas radiasi. Pembuatan heater ini adalah dengan menggabungkan coil dengan bahan keramik menjadi satu set alat. Permukaan bahan keramik akan berperan sebagai *reflektor*. Heater jenis ini dimanfaatkan pada pengeringan cat, sablon atau pembuatan foam.



Gambar 2. 15 Infra Red Heater [35]

2.10.3. *Silica dan Infra Fara*

Pada *heater* ini coil akan ditempatkan di dalam tabung berbahan *silica* kemudian pada kedua ujungnya akan dipasang baut sebagai terminal input power, untuk kemudian ditutupi oleh keramik. Pada pemasangannya bisa dilengkapi dengan *reflektor*. *Heater* ini memiliki fungsi serupa dengan *infra red heater*.



Gambar 2. 16 Silica dan Infra Fara Heater[36]

2.10.4. Tubular

Pada heater ini *coil resistance wire* dimasukan kedalam pipa kemudian disatukan bersama-sama bubuk isolator(Mgo powder) dengan cara di cor. Bubuk isolator mampu meneruskan panas dan menjadi isolator listrik, sehingga arus listrik tidak menembus masuk pada pipa pembungkusnya. Material tubing yang digunakan sebagai pembungkus atau selongsong *tubular heater* dibuat menyesuaikan penggunaan *heater* tersebut, apakah untuk memanaskan air, udara, cairan kimia dan lain lain. Bahan yang sering digunakan adalah: *Stainless Stell 304*, *Stainless Stell 316*, *Incoloy*, Tembaga, Titanium.



Gambar 2. 17 Tubular Heater [36]

2.10.5. Quartz

Heater ini memiliki elemen pemanas yang di gulung diatas batangan keramik, sehingga kedua terminalnya ada pada satu sisi. Gulungan ini dimasukan ke dalam *tube* berbahan *silica* dan di beri lapisan pipa pvc berlubang yang berfungsi untuk melindungi

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

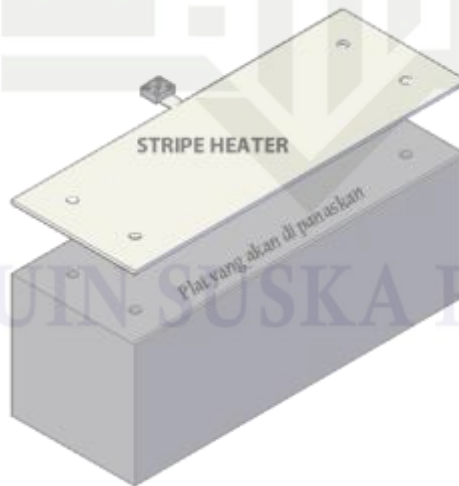
dari benturan dengan benda lain saat di celup ke cairan yg akan dipanaskan. *Quartz heater* digunakan untuk memanaskan cairan kimia dengan suhu yang tidak terlalu tinggi. Seperti pada pengerjaan *hardchrome*, *electroplating* dan lain lain.



Gambar 2. 18 Quartz Heater [36]

2.10.6. Stripe, Band dan Nozzle

Stripe heater bekerja dengan memanfaatkan luas permukaan untuk *transfer* panas yang lebih efektif. Teknologi ini sangat mudah dikontrol seperti menggunakan termostat mekanis atau dengan termostat bimetal pada permukaan alat. *Heater* ini biasa digunakan pada media kering, dengan cara menempelkannya pada media yang akan dipanaskan.

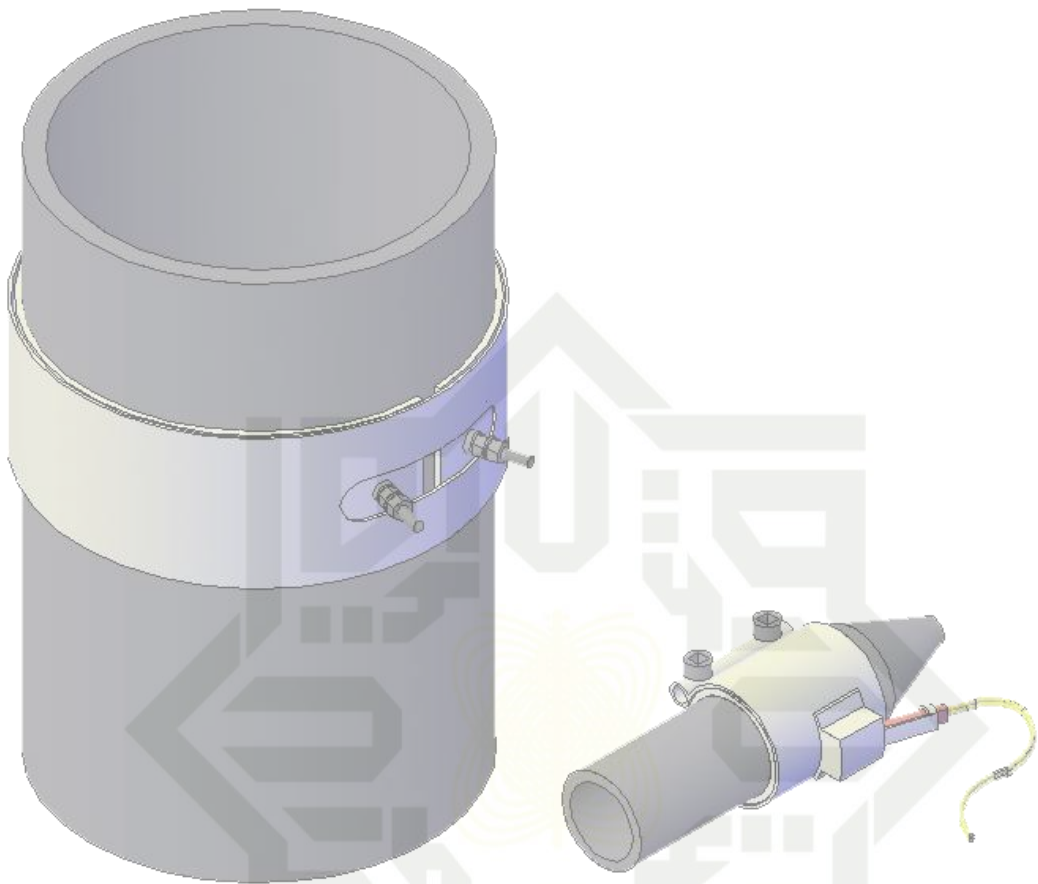


Gambar 2. 19 Stripe Heater [34]

Band heater berbentuk seperti sabuk yang dimanfaatkan untuk memanaskan tabung. Elemen ini menggunakan baut sebagai pengunci pada plat. *Nozzle heater* juga memiliki fungsi yang sama untuk memanaskan tabung, hanya saja diameternya kecil dari 50mm. *Band* dan *nozzle* digunakan pada barel mesin *extruder* dan *injection* plastik.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

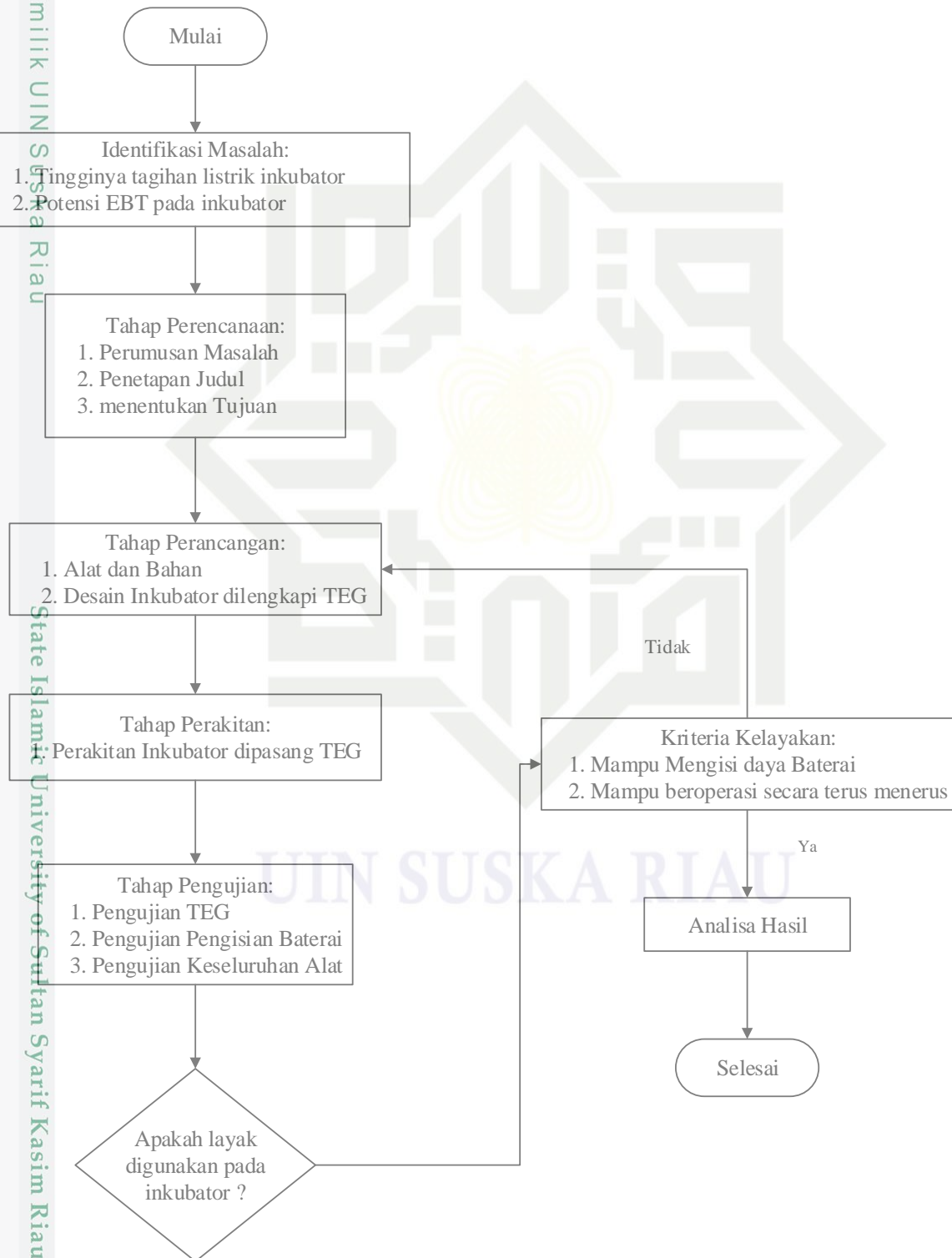
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 20 Band Heater dan Nozzle Heater

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 3. 1 Flowchart Metodologi Penelitian

3.1. Prosedur Alur Penelitian

Dalam penelitian ini ada serangkaian kegiatan yang peneliti lakukan mulai dari menetapkan masalah, melakukan kajian ilmiah, mempelajari jenis penelitian terkait, merencanakan perancangan alat sebagai indikator solusi untuk menyelesaikan permasalahan yang diteliti, hingga melakukan analisa data hasil penelitian. Adapun alur penelitian ini seperti terlihat pada Gambar 3.1.

3.2. Identifikasi Masalah

1. Besar biaya tagihan listrik inkubator

Inkubator yang berkembang saat ini memanfaatkan energi listrik untuk kemudian dirubah menjadi energi panas menggunakan media lampu bohlam. Kebutuhan sebuah inkubator berukuran p x l x t (35 x 40 x 35) menggunakan lampu dengan daya total 100 watt untuk kapasitas sekitar 50 – 70 butir telur berkisar sekitar Rp. 72.777,-. Dalam siklus pengembangbiakan ayam biaya ini terbilang cukup tinggi mengingat adanya kebutuhan lain seperti pakan dan vitamin. Oleh karena itu dalam penelitian ini penulis akan mengurangi nilai biaya tagihan yang dikeluarkan dari penggunaan listrik pada inkubator dengan membuat generator listrik memanfaatkan panas inkubator untuk kemudian nantinya kembali digunakan pada inkubator itu sendiri.

2. Potensi EBT pada Inkubator

Inkubator bekerja dengan memanfaatkan energi panas yang dihasilkan dari nyala lampu, dimana energi panas ini pada dasarnya merupakan energi terbuang yang digunakan untuk menjaga suhu pada inkubator agar embrio pada telur dapat terus tumbuh dan berkembang. Pada set point inkubator untuk menetas telur, suhu dijaga sekitar 38°C - 40°C. Pada inkubator biasanya dilengkapi dengan wadah air guna menjaga kelembaban didalamnya. Melihat desain serta suhu operasional pada inkubator ini maka ditetapkan bahwa panas terbuang pada inkubator memiliki potensi sebagai pembangkit listrik menggunakan teknologi termoelektrik. dimana untuk menghasilkan daya listrik dibutuhkan perbedaan suhu diantara kedua lempeng termoelektrik. dengan memanfaatkan suhu 38°C - 40°C untuk memanaskan *hot plate* kemudian menempatkan sisi dingin dalam rangkaian konveksi alami memanfaatkan genangan air di dalam inkubator, maka akan dihasilkan energi listrik dari termoelektrik.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3. Tahap Perencanaan

Perencanaan merupakan tahap awal yang dilakukan penulis dalam menyusun laporan penelitian, hal ini bertujuan untuk menyusun sistematika penelitian dari mulai hingga mendapatkan hasil akhir. Berikut tahapan perencanaan yang dilakukan peneliti:

Perumusan Masalah

Peningkatan permintaan konsumsi daging ayam mengalami kenaikan, salah satu cara mengingrinya adalah dengan meningkatkan populasi ayam menggunakan inkubator. Namun di lain sisi hal ini berbenturan dengan harga inkubator yang mahal dan juga tagihan listrik yang tinggi dari pengoperasiannya. Selain itu karakter inkubator sebagai kapsul suhu berpotensi untuk membangkitkan listrik menggunakan TEG.

2. Penetapan Judul

Setelah melewati kajian terhadap objek penelitian, maka penulis menetapkan judul pada penelitian ini sesuai dengan masalah yang akan diteliti. Sehingga judul yang penulis tetapkan pada penelitian adalah **“RANCANG BANGUN PROTOTYPE GENERATOR TERMoeLEKTRIK MEMANFAATKAN PANAS TERBUANG PADA INKUBATOR”**.

3. Penentuan Tujuan

Penentuan tujuan disini berfungsi untuk memperjelas sasaran penelitian. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan generator termoelektrik yang bisa di aplikasikan pada inkubator guna memenuhi kebutuhan daya inkubator.

3.4. Tahap Perancangan Alat

Perancangan dan desain alat berdasarkan pada tujuan awal penelitian untuk menghasilkan generator termoelektrik. Sehingga desain alat akan difokuskan pada peningkatan suhu untuk TEG dengan tetap mengacu pada batas kelayakan suhu inkubator. Heater menjadi indikator penting yang disandingkan bersama termoelektrik. untuk semaksimal mungkin menghasilkan tegangan.

3.4.1. Analisis Kebutuhan Sistem

Untuk mengembangkan sebuah penelitian maka diperlukan tahapan analisis terhadap sistem yang akan dikembangkan. Dalam hal ini perlu dilakukan pengukuran dan pencatatan aspek aspek yang mendukung sistem. Sehubungan dengan penelitian ini tentang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pembangkit listrik energi alternatif, maka perlu dianalisa profil beban yang akan di angkasuhkan. Ini bertujuan untuk menetapkan spesifikasi peralatan dan bahan yang akan digunakan. Dikarenakan penelitian ini bertujuan untuk memanaskan heater pada inkubator ang juga berperan sebagai sumber panas (Energi), maka profil beban utama berada pada ukuran daya heater yang digunakan. Untuk kemudian menentukan alat dan bahan tambahan seperti tipe TEG ataupun kuantitas TEG yang digunakan, jenis baterai, konverter, dan model inkubatornya sendiri.

Tabel 3. 1 Jenis pembebanan pada baterai

Jenis Beban	Jumlah Beban (Qty)	Daya Beban (watt)
Total		

3.4.2. Alat Dan Komponen

Berikut perlengkapan yang diperlukan dalam pembuatan inkubator termoelektrik, meliputi alat dan bahan :

- Termoelektrik Generator Tipe (SP 1848 27145 SA) merupakan jenis Termolektrik yang dirancang khusus untuk pembangkit listrik. Modul ini mampu menghasilkan tegangan sebesar 1 volt pada perbedaan suhu diantara kedua sisinya mencapai 20°C. Berikut spesifikasi SP 1848 27145 SA[27]:

Tabel 3. 2 Spesifikasi Modul Termoelektrik

Model	SP1848-27145
Open Circuit Voltage (V)	4,8
Suhu Operasi (°C)	0 to 150
Suhu Maksimum (°C)	150
Panjang Kabel (mm)	350
Panjang (mm)	40
Lebar (mm)	40
Tinggi (mm)	3,6
Berat (gr)	30
Kerapatan Aliran Panas (W cm ²)	≈ 10

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Berdasarkan Tabel 3.2 dijelaskan bahwa modul SP1848-27145 sebagai pembangkit listrik bisa bekerja hingga suhu maksimum 150°C dengan ukuran lebar 40 mm, panjang 40 mm dan tinggi 3.6 mm. Dengan berat sebesar 30 gr serta mampu menghasilkan tegangan hingga 4.8 volt.



Gambar 3. 2 Termoelektrik Tipe SP 1848 27145 SA [28]

Untuk melihat ketahanan dan keandalan dari termoelektrik tipe SP 1848-27145 ini kita bisa melihat data sheet[27] berikut:

Tabel 3. 3 Datasheet SP 1848-27145

Perbedaan Suhu/ ΔT (°C)	Tegangan/V (v)	Arus/I (mA)
20	0,97	225
40	1,8	368
60	2,4	469
80	3,6	558
100	4,8	669

Data diatas menunjukkan hubungan searah antara perbedaan suhu, tegangan, dan arus yang dihasilkan dari upaya pembangkitan listrik menggunakan modul SP 1848-27145 SA. Terlihat bahwa pada perbedaan suhu paling rendah atau sekitar 20°C alat mampu menghasilkan tegangan sebesar 0.97 volt dengan arus yang dihasilkan 225mA sedangkan untuk perbedaan suhu mencapai 100°C bisa menghasilkan tegangan sebesar 4,8 volt dan arus 669 mA. Berdasarkan tabel 3.3 diketahui bahwa dengan ΔT 100°C termoelektrik generator ini mampu menghasilkan daya sebesar 3,211.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Heatsink

Merupakan logam dengan desain khusus yang terbuat dari tembaga ataupun aluminium. *Heatsink* berfungsi untuk membantu transfer panas dari sebuah benda yang ingin diturunkan suhunya. Pada penelitian ini heatsink akan ditempatkan pada bagian *cooling plate* dari modul untuk membantu menurunkan suhu modul, agar menambah jarak ΔT modul. *Heatsink* yang digunakan penulis memiliki ukuran panjang 12 cm, lebar 10 cm, tinggi 2,5 cm.



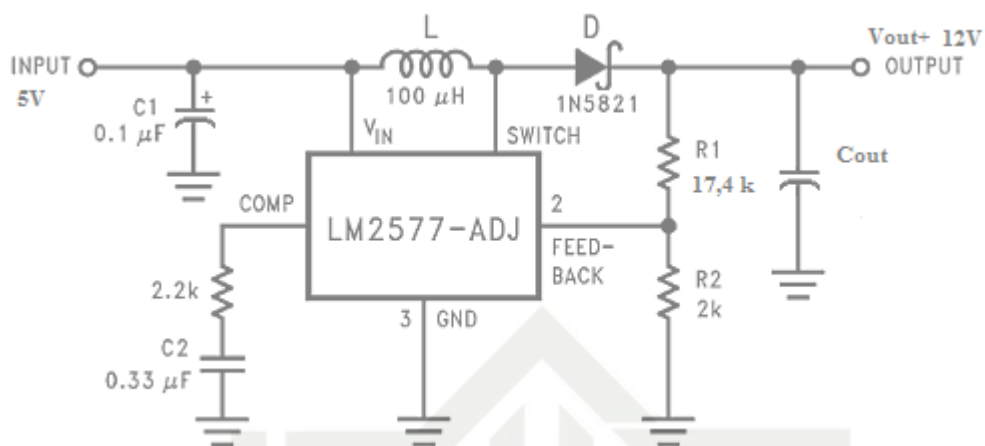
Gambar 3. 3 Heatsink [29]

3. Buck-Boost Converter

Berperan dalam pengisian baterai untuk menaikkan tegangan output dari TEG. dimana keluaran TEG akan menjadi input pada *boost converters* LM 2577 untuk kemudian dinaikkan agar dapat melakukan proses isi daya baterai. Modul ini bertugas mengubah tegangan keluaran TEG menjadi 12 volt , sehingga dapat mengisi ulang baterai *lead acid* 12 volt 5 ampere.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3. 4 Buck-boost converter dilengkapi IC LM2577-ADJ

4. Baterai

Menggunakan baterai jenis *lead acid* yang akan di isi oleh tegangan dari TEG kemudian disimpan dan digunakan sebagai *power supply* untuk beban (Elemen pemanas). Baterai memiliki nilai tegangan 12 volt dan arus 5 ampere.



Gambar 3. 5 Baterai 12V 5A

Baterai mampu menyimpan energi total sebesar:

$$E = V \times I \times t \quad (3.4)$$

$$E = 12V \times 5A \times 1Jam$$

$$E = 60Wh$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

5. Elemen Pemanas

Elemen pemanas merupakan alat yang mampu mengubah energi listrik menjadi panas melalui proses yang disebut *Joule Heating*. Alat ini bekerja ketika arus listrik pada elemen menjumpai resistansinya, kemudian menaikkan temperatur elemen tersebut. Dalam pemilihan jenis bahan yang akan digunakan sebagai elemen perlu mempertimbangkan tiga hal, diantaranya[30]:

1. *Maximum Element Surface Temperatur (MET)*

Merupakan batas suhu yang mampu ditahan elemen sebelum berubah bentuk. Jika hal ini dilampaui maka elemen akan mengalami penyingkatan masa hidup bahkan h alat ketika ingga mengalami hubung singkat.

2. *Maximum Power/Surface Loading*

Merupakan besar daya maksimum yang bisa ditampung alat ketika digunakan. Hal ini sangat dipengaruhi oleh MET elemen.

3. Area Radiasi Elemen

Adalah luas permukaan elemen yang dipanas, dinyatakan dalam (Watt/cm^2)

Merujuk pada tiga hal diatas peneliti menggunakan element pemanas menggunakan logam yang dialiri listrik untuk kemudian dijadikan lantai peletakan telur pada inkubator.

6. Tabung Inkubator

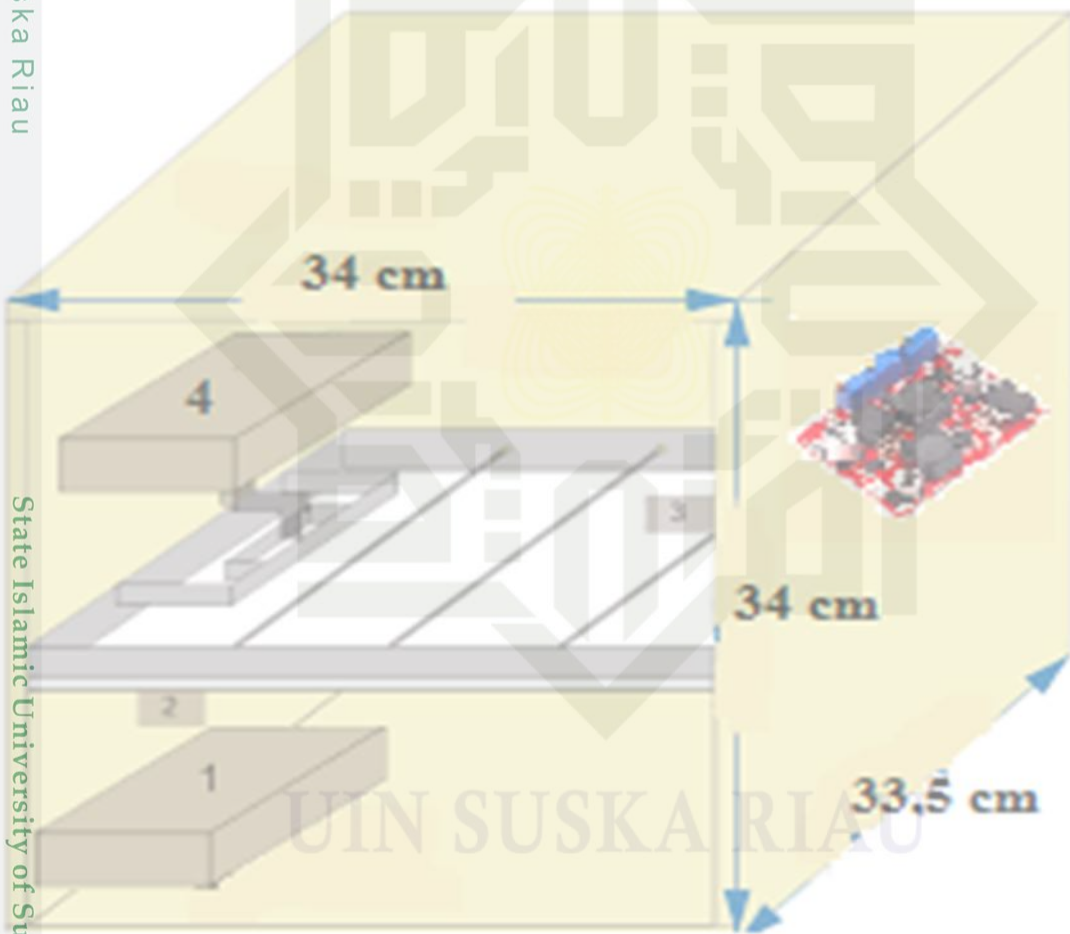
Inkubator akan menjadi media tempat berlangsungnya analisa hasil percobaan. Dalam percobaan ini inkubator akan di spesifikasikan untuk penetasan telur ayam dengan pengoperasian suhu berkisar antar 38°C - 40°C . Inkubator mendapatkan panas dari lempeng elemen yang dijadikan sebagai lantai pada ruang penetasan. Inkubator akan dibuat dalam 2 ruangan yang di sekat, dimana salah satu sisi akan berperan sebagai ruang pemanas untuk pembangkit generator TEG. pada ruang TEG akan dilengkapi dengan *heatsink* dan wadah air sebagai konveksi alami yang bertugas untuk menurunkan suhu plat dingin TEG.



Gambar 3. 6 Heater

4.3.3 Desain Inkubator

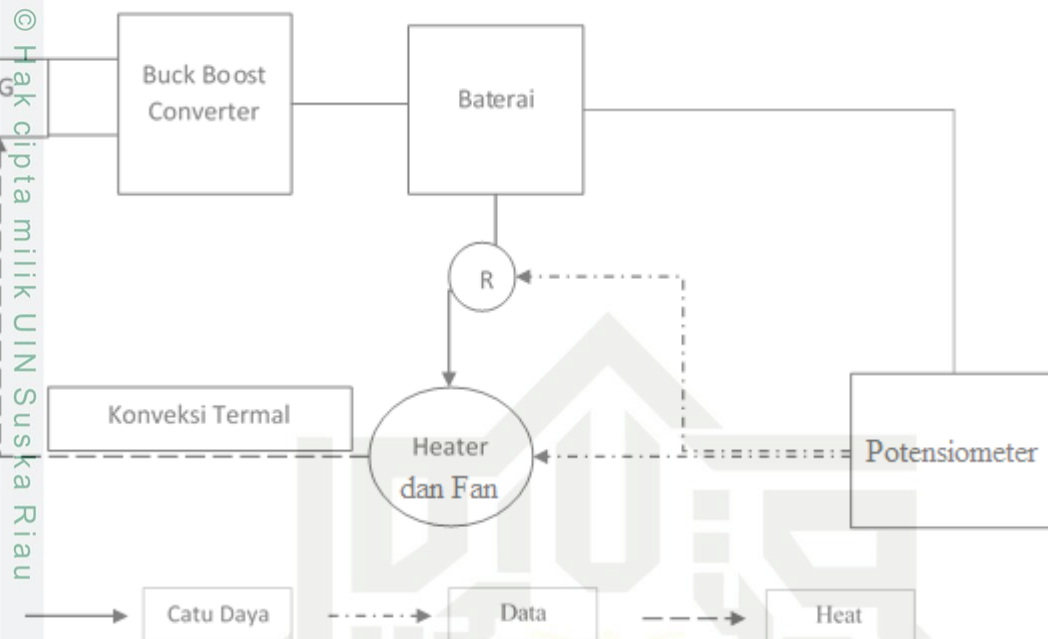
Inkubator merupakan sebuah alat yang menjaga kestabilan suhu sesuai dengan setting yang diberikan. Secara umum sebagai sumber panas pada inkubator digunakan tenaga lampu. Sehingga dalam hal ini nyala lampu akan diatur menyesuaikan nilai suhu yang di tentukan. Namun peneliti melakukan inovasi dengan mengubah penggunaan lampu untuk digantikan dengan elemen pemanas yang mampu meningkatkan panas lebih merata karena bus dibisa menjadi sumber energi untuk membangkitkan TEG melalui serangkaian tata letak.



Gambar 3. 7 Tampilan rencana pemasangan TEG pada Elemen Pemanas

3.5. Tahapan Perakitan

Desain inkubator akan di realisasikan pada tahapan perakitan. Setiap komponen akan mulai dirangkai membentuk sebuah sistem yang bertujuan untuk mengendalikan keadaan suhu pada inkubator. Adapun skema alur daya listrik pada inkubator sebagai berikut :



Gambar 3. 8 Alur Pengoperasian Rancangan Inkubator

3.6. Tahapan Pengujian

Pengujian dari rancangan dimulai dengan memanaskan heater yang mendapat power supply dari baterai. Kemudian heater akan ditempatkan sebagai lantai peletakan telur. Pada ruangan lain dibawah heater akan diletakkan modul TEG SP 1848 12745SA, dimana pada sisi dinginnya TEG akan dipasang heatsink yang di bawahnya terdapat genangan air. Heatsink dan air akan menjadi media konveksi alami untuk menurunkan suhu TEG. TEG sendiri memiliki dua bagian yang di treatment pada dua keadaan berbeda, lempeng bagian panas akan diposisikan dibawah heater sehingga menerima panas sedangkan lempeng bagian dingin akan berada di bawah dengan menempel pada heatsink. Tegangan akan terus diukur bersamaan dengan besar perbedaan suhu yang dihasilkan. Untuk kemudian dicatat pada tabel 3.4 berikut:

Tabel 3. 4 Hasil Pengukuran Alat

Waktu (s)	Th (°C)	Tc (°C)	ΔT (°C)	V (v)	I (A)	P (Watt)



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

Selain tabel diatas berikut beberapa data yang akan dikumpulkan dalam penelitian

1. Pengujian menentukan suhu heater yang akan digunakan untuk menghasilkan suhu kerja inkubator pada temperatur 38°C – 40°C.
2. Pengujian IC LM 2577-Adj
3. Pengujian alat keseluruhan.
4. pengujian daya yang mampu dibangkitkan dari variasi jumlah yang digunakan.
5. Pengujian kemampuan penyimpanan energi yang dihasilkan.

3.7. Analisa Data

Setelah melakukan pengujian alat maka dilanjutkan dengan pengambilan data sebagai berikut:

1. Perbedaan suhu pada kedua sisi dalam selang waktu operasional. Pada keadaan suhu terendah hingga tertinggi
2. Output TEG yang dihasilkan dalam keadaan setting suhu minimum hingga maksimum.
3. Menghitung keluaran step up converter DC-DC yang memanfaatkan tegangan dari TEG
4. Menghitung efisiensi pengisian baterai.

UIN SUSKA RIAU



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian prototype generator termoelektrik memanfaatkan energi panas terbuang pada inkubator menggunakan modul SP 1848 27145 SA sebagai pembangkit listrik dapat disimpulkan:

1. Energi panas terbuang pada inkubator yang selama ini dimanfaatkan sebagai indikator penetasan memiliki potensi untuk membangkitkan listrik menggunakan 9 modul TEG yang dirangkai 3seri dan 3paralel, dimana modul ini mampu membangkitkan daya hingga 5,83W, tegangan 5,4V, dan arus 1,08A.
2. Menggunakan *buck-boost converter* LM2577-Adj output tegangan TEG bisa dinaikkan dari 5,4V menjadi 12,2V. Kemudian pengisian dapat dilakukan pada baterai 12V dimana berdasarkan percobaan selama 1 jam energi yang tersimpan kedalam baterai adalah sebesar 11,65Wh dari kapasitas total baterai 60Wh atau sebesar 19%.
3. Dengan memanfaatkan 2 buah baterai 12V 5A yang digunakan secara bergantian maka sistem pembangkit listrik termoelektrik panas terbuang pada inkubator ini mampu menghemat daya penggunaan listrik dan tagihan listrik rumah tangga hingga sebesar Rp. 69.139,-

5.2. Saran

Berikut saran pengembangan yang dapat dilakukan:

1. Isolasi antara sisi panas dan sisi dingin pada TEG perlu ditingkatkan agar gradien temperatur lebih maksimal. Contoh upaya untuk meningkatkan gradien perbedaan suhu adalah dengan menambahkan blower untuk membantu proses pendinginan pada *cooling plate*
2. Perancangan *buck-boost converter* dengan menggunakan IC yang mampu membangkitkan daya lebih besar agar proses *charging* baterai lebih efisien, selain itu agar dapat melakukan pengisian pada baterai dengan daya yang lebih besar.
3. Penambahan modul TEG dapat menjadi pilihan untuk menghasilkan daya yang lebih besar.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Pertanian. 2020. BPS, Pertanian Tumbuh Positif 2,15 Persen YonY di Kuartal ke III [online]. Available: <https://www.pertanian.go.id/home>
- [2] Jayani, Dwi Hadya. 2020. Kontribusi Pertanian Kedua Tertinggi dalam PDB Indonesia[online]. Available: <https://databoks.katadata.co.id>
- [3] Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia. 2021. Outlook Ekonomi Pertanian 2021: Perkuat Pembangunan Sektor Pertanian[online]. Available: <https://www.ekon.go.id/publikasi>
- [4] Raditya, Dendy. 2020. Ringkasan Dunia Peternakan Indonesia Selama Beberapa Tahun Terakhir[online]. Available : <https://chub.fisipol.ugm.ac.id>
- [5] Poultry Indonesia. 2020. Data Konsumsi Daging Terkini[online]. Available: <https://www.poultryindonesia.com>
- [6] Kundowo, Riki. "Pengembangan Mesin Penetas Telur Sebagai Aplikasi Materi Suhu Dan Kalor".Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan Universitas Islam Negeri Raden Intan. Lampung: 2017.
- [7] Khairunnisa, Indah. Suprayogi. & Ajiwiguna, Tri Ayodha. "Pemanfaatan Modul Termoelektrik Sebagai Pemanas Untuk Alat Penetas Telur Sederhana".e-Proceeding of Engineering : Vol.4, No.1 April 2017 | Page 769. 2017.
- [8] Andriyanto, Adven Daniel. "Pemanfaatan Modul Termoelektrik Generator Untuk Mengisi Baterai Ponsel". Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer Universitas Kristen Satya Wacana, 2015.
- [9] Yulianingrum, Tri Wahyu. Setiaji, F. Dalu. Setyawan, Lukas B. "Perancangan Alas Setrika sebagai Pengisi Baterai (Battery Charger) dengan Memanfaatkan Energi Panas Terbung pada saat Jeda Menyetrika". Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer Universitas Kristen Satya Wacana, 2015.
- [10] Ansyori. "Rancang Bangun Sistem Generator Termoelektrik Sederhana Sebagai Pembangkit Listrik Dengan Menggunakan Metode Sebeck Effect". Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang: 2017.
- [11] Ginanjar, Hiendro. Ayong, Suryady. Dedy. "Perancangan Dan Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Berbasis Termoelektrik Dengan Menggunakan Kumpor Surya Sebagai Media Pemusat Panas"Fakultas Teknik Universitas TanjungPura. Pontianak: 2018.
- [12] Bachtiar, Absal. 2019. Inkubator Telur Pertama oleh Bangsa Mesir Kuno[online]. Available: <https://kumparan.com>



- [13] Patowary, Kaushik. 2019. The Ancient Egg Hatcheries of Egypt[online]. Available : <https://www.amusingplanet.com>
- [14] Nafiu, La Ode. Rusdin, Muh. & Aku Achmad Selamat. "Daya Tetas dan Lama Menetas Telur Ayam Tolaki Pada Mesin Tetas Dengan Sumber Panas Yang Berbeda". Fakultas Peternakan Universitas Halu Oleo, Kampus Hijau Bumi Tridharma. Kendari: 2014.
- [15] Medion. 2019. Mengenal Mesin Tetas dan Keunggulannya[online]. Available : <https://www.medion.co.id>
- [16] Pradana, Muhammad Ady, "Prototipe Pembangkit Listrik Termoelektrik Generator menggunakan Penghantar Panas Aluminium, Kuningan, Seng", Jurnal Teknik Elektro Vol 9(2): Hal. 251-258, 2020. ,
- [17] Yusupandi, Fauzi. No Date. Mekanisme Generator Termoelektrik Dengan Selisih Temperatur Hanya 5 Derajat Celcius[Online]. Available: <https://warstek.com>
- [18] Widjaja, Soelistio Permadi. "Pengukuran dan Analisis Karakteristik Thermoelectric Generator Dalam Pemanfaatan Energi Panas Yang Terbuang" ., Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer Universitas Kristen Satya Wacana, 2012.
- [19] Broad, William.J. Voyager's Heartbeat Is Nuclear 'Battery'. Available: <https://www.nytimes.com>
- [20] Navi. 2020. Mengenal Peltier (Thermo Electric Cooling) Komponen Kecil Penentu Dalam Kulkas Mini (Cooler Box) atau Ac Mini. Available: <https://www.katatatas.com>
- [21] Wikiwand. 2018. Thermoelectric Cooling [online]. Available: <https://www.wikiwand.com>
- [22] <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/sp1848-27145-tec-40x40mm-semiconductor-thermoelectric-heatsink-cooler-peltier-plate-module-for-power-generation-60672533754.html> (Diakses pada 17 Juni 2021)
- [23] Hendricks, Terry., & Choate, William. T, "Engineering Scoping Study of Thermoelectric Generator Systems for Industrial Waste Heat Recovery". Industrial Technologies Program – U. S. Department of Energy. 2006.
- [24] You. 2021. Perpindahan Panas dan Contohnya dalam Kehidupan Sehari-hari[online]. Available: <https://administrasi.net>
- [25] Dzulqornain. 2020. 3 Cara Perpindahan Kalor atau Panas Baik Secara Konduksi, Konveksi dan Radiasi Disertai Rumus dan Tabelnya[online]. Available: <https://www.materiedukasi.com>
- [26] <https://embeddednesia.com/v1/menaikkan-tegangan-dc-dengan-modul-ltc1871-booster-step-up-converter/>. (Diakses pada 17 Juni 2021)



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
- [27] <https://www.electronicscomp.com/sp1848-27145-thermoelectric-power-generator-eg-150-degree-c-peltier-module>. (Diakses pada 17 Juni 2021)
 - [28] <https://www.autobotic.com.my/Thermoelectric-Power-Generator-TEG-Peltier-SP1848-27145>. (Diakses pada 17 Juni 2021)
 - [29] Dokumen Pribadi
 - [30] Kodir, Abdul. 2014. "Penjelasan Tentang Elemen Pemanas itu Sendiri" [online]. Available: <https://id.scribd.com>
 - [31] Situmeang, Euni. 2014. "Heater, Prinsip Kerjanya, Serta Peran Aktif atau Aplikasinya dalam Kehidupan" [online]. Available: <https://id.scribd.com>
 - [32] Faza, Moh, Khoirul. 2020. "Pengaruh Variasi Jumlah Lilitan Coil Induktansi Terhadap Perubahan Temperatur Pada Dapur Induksi Elektromagnetik". Semarang: Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
 - [33] Andarini, Annisa. 2017. "Perancangan Hot Plate Berbasis Mikrokontroler AVR ATmega 8535". Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
 - [34] <https://3.bp.blogspot.com>
 - [35] <https://2.bp.blogspot.com>
 - [36] <https://1.bp.blogspot.com>
 - [37] Sakura, Abdan. Supriyanto, Amir. Surtono, Arif. 2017. "Rancang Bangun Generator Sebagai Sumber Energi Listrik Nanohidro". Bandar Lampung: Universitas Lampung.
 - [38] <http://www.datasheetdir.com/LM2577-ADJ-MDC+Switching-Regulators>
 - [39] <https://www.edaboard.com/threads/node-analysis-for-lm2577-block-diagram.248076/>



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Sebuah pohon tumbuh dari sebutir biji. Sama halnya dengan perubahan, sebuah perubahan besar boleh jadi berdasar pada setiap usaha terkecil sekalipun. Tidak semua hal bisa didapat dengan cara instant. Justru setiap hal yang mengiringi perjalanan menuju pencapaian, memiliki nilai yang sama besarnya dengan pencapaian yang dituju, bahkan boleh jadi lebih berarti dari itu.

DATA PRIBADI

Nama	Riyo Susanto
Jenis Kelamin	Laki-Laki
Tempat, Tanggal Lahir	Seay Baru, September 26, 1996
Agama	Muslim
Status	Belum Menikah
Tinggi / Berat Badan	175/75
Current Adress : Jl. Hanguah Ujung – Kulim Jl. Lintas Timur Sumatra Pekanbaru Riau	Family Adress : Jl. Hanguah Ujung – Kulim Jl. Lintas Timur Sumatra Pekanbaru Riau
Telepon	0821 6965 2785
E-mail	riyo.susanto@students.uin-suska.ac.id

INFORMASI PENDIDIKAN

Tahun	Sekolah/Universitas	Jurusan
2002– 2008	(Lulus)SD NEGERI 028 Pekanbaru	
2008 – 2011	(Lulus)SMP NEGERI 9 Pekanbaru	
2011 – 2014	(Lulus)SMA NEGERI 11 Pekanbaru	IPA
2014	(Mahasiswa)UIN SUSKA RIAU	Electrical Engineering

PENCALAMAN ORGANISASI

Tahun	Organisasi	Jabatan
2014	Uin Suska Mengajar (USM)	Divisi Humas
2014	Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATE)	Divisi Litbang dan Iptek
2016	Suska FM	Announcer

PENCALAMAN KERJA

Tahun	Perusahaan	Jabatan
2015	Bimbel Mutiara	Tutor
2016	Quantum Operation	Tutor
2018	PT. Cipta Rasa Sempurna (Labbaik Chicken)	Leader

JUDUL TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN PROTOTYPE GENERATOR TERMoelektrik MEMANFAATKAN PANAS TERBUANG PADA INKUBATOR

- Hak Cipta Dinding
 - Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
- Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.